

Analisa Karakteristik Getaran Cantilever Beam Dari Aluminium Dan Besi Cor

Akhiruddin Pasdah

Jurusan Teknik Mesin Universitas Muslim Indonesia Makassar
Jln. Urip Sumohardjo KM. 05 Kampus II UMI
Telp. (0411) 443685

Abstrak

Timbulnya getaran pada benda atau system tersebut bilamana ada bagian-bagian yang berputar atau bergerak utamanya konstruksi yang menerima beban dinamik adalah efek-efek dinamik yang diakibatkan oleh kecepatan-kecepatan atau putaran-putaran.

Fenomena yang terjadi dengan berputarnya suatu benda atau system pada kecepatan – kecepatan tertentu adalah getaran yang sangat besar meskipun benda atau system dapat berputar dengan mulus pada kecepatan lainnya

Parameter system getaran adalah :

- *Metode system transfer dapat digunakan untuk menganalisa getaran secara ksperimental*
- *Karakteristik ini cenderung menjadi besar jika tempat perletakan motor penggerak semakin mendekati jepitan*

Kata Kunci ; *Getaran Cantilever Beam Alminium dan Besi Cor*

I. Pendahuluan

A. Latar Belakang

Disekitar kita sering dijumpai benda atau sistem yang bergetar. Timbulnya getaran pada benda atau system tersebut bilamana ada bagian-bagian yang berputar atau bergerak. Suatu aspek perencanaan yang mendapat perhatian secara khusus dalam bidang konstruksi, utamanya konstruksi yang menerima beban dinamik adalah efek-efek dinamik yang diakibatkan oleh kecepatan-kecepatan atau perputaran-perputaran . suatu Fenomena yang terjadi dengan berputarnya suatu benda atau system pada kecepatan –kecepatan tertentu adalah getaran yang sangat besar meskipun benda atau system dapat berputar dengan mulus pada kecepatan lainnya. Pada kecepatan-kecepatan ini dimana terjadi getaran yang sangat besar dapat menyebabkan kerusakan pada system itu sendiri dan pada sistem lainnya yang berhubungan, selain getaran itu sangat

membahayakan pada system, namun pada sistem lain getaran diperlukan seperti pada saringan penggetar, saluran penggetar pada instrument musik dan lain-lain.

Untuk perencanaan yang baik dan teliti agar hasil yang diharapkan dapat tercapai pada sistem yang mengalami getaran dan sifat-sifat atau karakteristik getaran dari sistem. Pada umumnya setiap benda atau sistem yang memiliki massa dan sifat elstisitas akan mampu bergetar bila padanya diberi gangguan. Berdasarkan gaya gangguan atau gaya eksitasi, maka getaran dapat dikelompokkan kedalam dua bagian, yaitu getaran bebas dan getaran paksa.

Sistem getaran bebas terjadi jika gangguan berasal dari sistem itu sendiri dan tidak ada gangguan dari luar sistem. Sistem yang bergetar karena disebabkan oleh gaya gangguan dari luar sistem disebut getaran paksa. Sistem getaran bebas akan bergetar pada satu atau lebih

terhadap frekuensi pribadinya. Sistem getaran paksa dengan gaya eksitasi akan bergetar pada frekuensi eksitasinya. Bila frekuensi eksitasi bersamaan dengan salah satu dari frekuensi pribadi sistem maka akan terjadi resonansi. Dimana kondisi resonansi ini menghasilkan simpangan yang besar. Dalam kondisi resonansi ini, kerusakan pada bagian utama dari suatu sistem dapat terjadi.

Didalam berbagai kasus untuk mencegah kerusakan sistem karena simpangan yang besar pada saat resonansi digunakan peredam untuk mengurangi getaran. Menurut Thompson (1986), bahwa peredam dimiliki oleh semua sistem yang bergetar. Pada saat sistem bergetar pengaruh redaman yang dimiliki oleh sistem adalah merupakan pembatas simpangan. Laju pengurangan simpangan tergantung pada tipe besarnya redaman dalam sistem. Dengan dasar pertimbangan ini maka analisa karakteristik getaran dari balok besi cor dan aluminium dilakukan untuk mengetahui hubungan yang saling terkait antara frekuensi pribadi, simpangan, massa, kekakuan dan redaman yang dimiliki oleh sistem yang bergetar tersebut.

B. Tujuan penelitian

Adapun tujuan penelitian terhadap getaran cantilever beam dari aluminium dan besi cor adalah :

1. Untuk mengetahui karakteristik dari benda atau sistem yang bergetar, dapat digunakan metode fungsi transfer
2. Melihat hubungan frekuensi pribadi dan simpangan terhadap kekakuan dan redaman yang dimiliki oleh sistem
3. Melihat pengaruh tempat perletakan motor penggetar terhadap resonansi dan simpangan

C. Batasan permasalahan

Melihat bahwa permasalahan getaran sangat luas dan rumit, maka dalam analisa karakteristik getaran cantilever beam ini

dilakukan beberapa batasan masalah sebagai berikut :

1. Sistem tumpuan balok adalah sebagai sistem yang ditumpu secara cantilever.
2. Sistem getaran adalah merupakan sistem satu derajat kebebasan
3. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis material yang umum dijumpai dipasaran
4. Tidak meninjau sifat-sifat material yang digunakan adalah merupakan metode eksitasi harmonik yang dihasilkan dari piring ketidak seimbangan yang berputar, dan pengukuran getaran yang dilakukan dengan alat vibration meter

II. Tinjauan Pustaka

Getaran dapat terjadi pada benda atau sistem apabila benda tersebut atau sistem tersebut memiliki massa, sifat elastisitas dan sifat redaman dan mendapat gangguan dari luar. Berdasarkan gangguan yang bekerja pada sistem, maka getaran dapat dikelompokkan kedalam dua bagian, yaitu : getaran bebas dan getaran paksa. Getaran bebas terjadi jika sistem beroksilasi karena bekerjanya gaya yang berada dalam sistem itu sendiri dan tidak adanya gaya gaya luar yang bekerja. Getaran yang terjadi karena adanya gangguan dari luar disebut getaran paksa.

Selain itu getaran dapat dikelompokkan berdasarkan jumlah derajat kebebasan berupa banyaknya koordinat kebebasan yang diperlukan untuk menggambarkan gerakan sistem.

A. Getaran Bebas

Getaran bebas tanpa redaman dan tanpa gangguan gaya luar diperlukan untuk menentukan frekuensi pribadi sistem. Frekuensi pribadi sistem adalah merupakan sifat dasar (karakteristik) yang dimiliki oleh sistem yang bergetar. Penentuan frekuensi pribadi pada sistem yang mengalami getaran adalah sangat penting untuk mencegah terjadinya resonansi

B. Getaran Paksa

Suatu sistem yang diberi gangguan gaya luar dipaksa bergetar pada frekuensi eksitasina (gangguannya). Apa bila frekuensi eksitasi sama dengan satu atau lebih frekuensi pribadi sistem maka akan terjadi resonansi, dimana kondisi resonansi ini menimbulkan simpangan yang besar yang dapat merusak sistem yang bergetar.

Untuk mencegah terjadinya simpangan yang besar yang dapat membahayakan pada keadaan resonansi digunakan peredam. Pada sistem getaran balok ini tipe peredam yang digunakan adalah peredam struktur atau solid.

Secara teoritis, untuk sistem tanpa peredam, besarnya simpangan yang terjadi pada saat resonansi akan mencapai harga tak terhingga. Namun dalam praktek hal ini tidak akan terjadi karena setiap sistem yang bergetar memiliki redaman yang dapat mngurangi simpangan tersebut. Hal ini terjadi karena energi yang diterima oleh sistem yang menyebabkan sistem tersebut bergetar didisipasi secara internal oleh gesekan milekuler di dalam sistem itu sendiri.

C. Getaran Harmonik Paksa

Dalam mempelajari dan menganalisa getaran dikenal tiga macam metode eksitasi, yaitu : eksitasi harmonik, random dan trasien (Abdullah Mappaita, 1989). Dari ketiga metode eksitasi diatas, metode eksitasi harmoniklah yang umum dikenal dan merupakan mtode eksitasi yang relative sederhana. Umumnya eksitasi harmonik diperoleh dari ketidak-seimbangan pada mesin-mesin yang berputar. Dalam pengujian ini digunakan metode eksitasi harmonik yang dihasilkan oleh piring ketidak seimbangan yang berputar.

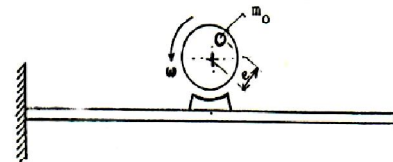
D. Metode Fungsi transfer

Untuk menganalisa getaran suatu sistem dengan cara eksperimental, dapat dilakukan melalui fungsi transfer yang dihasilkan oleh gaya eksitasi yang dikenakan padanya. Bila suatu gaya infut

$F(f)$, yakni gaya eksitasi sebagai fungsi frekuensi, maka fungsi akan merespon getara $G(f)$ berupa simpangan, kecepatan atau percepatan yang juga sebagai fungsi frekuensi. Yang dimaksud fungsi transfer suatu sistem getaran adalah perbandingan antara $G(f)$ terhadap $F(f)$ dimana fungsi transfer ini spesifik untuk sistem tertentu. Dari fungsi transfer ini banyak informasi yang diperoleh, antara lain yang paling utama adalah besaran-besaran ekivalen seperti massa, koefisien redaman, kosefisien redaman kritis dan faktor dan faktor redaman dari sistem yang bergetar.

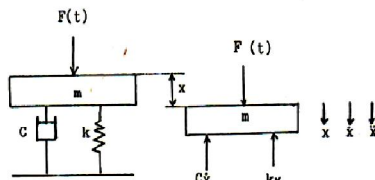
Struktur satu derajat kebebasan

Strktur satu derajat kebebasan terdiri atas massa yang ditopang atau ditumpu oleh satu pegas dengan kekakuan k dan peredam dengan koefisien redaman C . Pada gambar 3.1. ditampilkan sistem getaran balok struktur satu derajat kebebasan yang ditumpu secara cantilever dan diletakkan motor penggetar (eksiter) diatasnya.



Gambar 3.1. Sistem getaran balok pada

Pada umumnya struktur berkesinambungan (continous struktur) mempunyai jumlah derajat kebebasan tak terhingga. Namun dengan proses idealisasi dalam bentuk yang sederhana agar mudah dalam menurunkan formulasi matematikanya, struktur tersebut dianggap sebagai struktur satu derajat kebebasan, yaitu struktur yang dimodelisasi sebagai sistem dengan koordinat perpindahan tunggal. Sehingga sistem getaran balok pada gambar 3.1. diatas dapat dimodelisasi pada gambar 3.2.



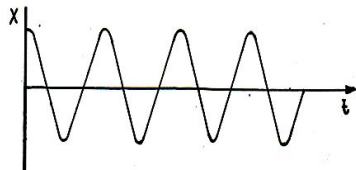
Gambar 3.2. Struktur yang modelisasi sebagai sistem satu derajat kebebasan

Untuk oksilasi tanpa peredam, bila sistem diberi simpangan awal x , maka ia akan beroksilasi tanpa berhenti (gambar 3.3.). frekuensi oksilasi tanpa dinamakan ω_n yang harganya tetap selama harga k dan m tetap. Hubungan antara m , k , dan ω_n akan diturunkan sebagai berikut :

$$x = X e^{i\omega t} \dots\dots\dots (3.1)$$

$$x = i\omega X e^{i\omega t} \dots\dots\dots (3.2)$$

$$x = -\omega^2 X e^{i\omega t} \dots\dots\dots (3.3)$$



Gambar 3.3. Sistem getaran balok pada

Bilamana sistem getaran adalah sistem getaran bebas yang bergetar tanpa pengaruh gaya luar atau $F(t) = 0$ dan tanpa peredam atau $C = 0$, dari diagram benda bebas (gambar 3.2) akan diperoleh persamaan sebagai berikut,

$$m\ddot{x} + kx = 0 \dots\dots\dots (3.4)$$

Selanjutnya bila persamaan (3.1), (3.2) dan (3.3) disubstitusi ke dalam persamaan (3.4) maka menghasilkan,

$$-m(\omega)^2 + k = 0 \dots\dots\dots (3.5)$$

Atau

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}} \dots\dots\dots (3.6)$$

Untuk sistem dengan peredam tanpa pengaruh gaya luar, bila simpangan awal x akan mmberikan persamaan gerak,

$$m\ddot{x} + C\dot{x} + kx = 0 \dots\dots\dots (3.7)$$

Substitusi persamaan (3.1), (3.2) dan (3.3) kedalam persamaan (3.7) diperoleh,

$$m(i\omega)^2 + C(i\omega) + k = 0 \dots\dots (3.5)$$

$$(i\omega) = -\frac{C}{2m} \pm \sqrt{\left(\frac{C}{2m}\right)^2 - \frac{k}{m}} \dots\dots (3.8)$$

Bila $(C/2m)^2 - k/m > 0$, $(i\omega)$ berharga reel, maka tidak terjadi oksilasi

Bila $(C/2m)^2 - k/m < 0$, $(i\omega)$ berharga imajiner, maka terjadi oksilasi

Harga C kritis (C_k) terjadi bila $(C/2m)^2 - k/m = 0$, dengan demikian

$$C_k = 2 \sqrt{\frac{k}{m}} \dots\dots\dots (3.9)$$

substitusi persamaan (3.6) pada persamaan (3.9) diperoleh.

$$C_k = 2 m \cdot \omega_n \dots\dots\dots (3.10)$$

Untuk selanjutnya didefenisikan “faktor redaman” sebagai perbandingan antara koefisien redaman dengan koefisien redaman kritis

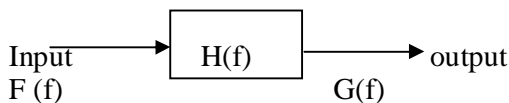
$$\xi = \frac{C}{C_k} \dots\dots\dots (3.10)$$

A. Analisa fungsi transfer

1. Pengertian fungsi transfer

Secara matematis fungsi transfer adalah suatu fungsi yang menyatakan hubungan antara output (keluaran) dengan input (masukan). Pada gambar 3.4 dibawah ini, yang dimaksud fungsi transfer dalam domain frekuensi $H(f)$ adalah .

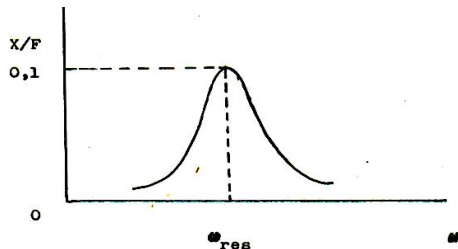
$$H(f) = \frac{G(f)}{F(f)} \dots\dots\dots (3.12)$$



Gambar 3.4. hubungan infut-output sistem linier sederhana

Dari pengertian fungsi transfer diatas, dimisalkan ada suatu sistem yang

mamiliki fungsi transfer seperti gambar 3.4. berarti bila sistem digetarkan oleh gaya eksitasi (rangsangan) yang frekuensi resonansinya ω_{res} dan gaya eksitasinya satu (1) newton maka sistem akan bergetar dengan amplitudo sebesar 0,1 cm. Untuk eksitasi dengan frekuensi yang lain (lebih tinggi atau lebih rendah) dari ω_{res} , maka amplitudo simpangan yang dihasilkan akan lebih kecil dari 0,1 cm.

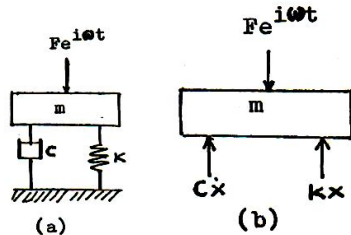


Gambar 3.5. Fungsi transfer sistem satu derajat kebebasan

2. Fungsi transfer simpangan terhadap gaya eksitasi

Bila suatu sistem satu derajat kebebasan diberi gaya eksitasi (rangsangan) sinusoidal (gambar (3.6), maka dari diagram benda bebasnya (gambar 3.6b) akan diperoleh hubungan,

$$m\ddot{x} + C\dot{x} + kx = F e^{i\omega t} \dots\dots\dots (3.13)$$



Gambar 3.5. Eksistensi harmonik sistem satu derajat kebebasan

Subtitusi persamaan (3.1), (3.2), dan (3.3) menghasilkan,

$$X = X$$

$$\dot{X} = i\omega x \dots\dots\dots (3.14)$$

$$\ddot{X} = -\omega^2 x \dots\dots\dots (3.15)$$

Subtitusi persamaan (3.1), (3.2), dan (3.3) kedalam persamaan (3.13) menghasilkan,

$$X (-m\omega^2 + C i\omega + k) = F \dots\dots\dots (3.16)$$

Subtitusi persamaan (3.6), (3.9), (3.10), (3.11) kedalam persamaan (3.16) menghasilkan,

$$X k \left\{ 1 - \left(\frac{\omega}{\omega_n} \right)^2 + i 2\xi \frac{\omega}{\omega_n} \right\} = F \dots\dots (3.17)$$

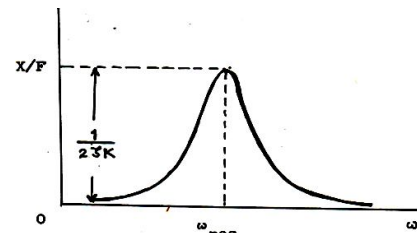
Pada saat terjadi resonansi , $w = w_n$ maka :

$$\frac{X}{F_{ress}} = \frac{1}{k \cdot 2\xi} \dots\dots\dots (3.18)$$

Dari persamaan (3.18) bila suatu sistem tanpa redaman ($\xi=0$) diberi gaya eksitasi harmonik pada frekuensi pribadinya maka :

$$\frac{X}{F_{ress}} = \frac{1}{k} \cdot \frac{1}{0} = \infty$$

Yang berarti simpangannya sangat besar. Fungsi transfer simpangan ini (3.18), digunakan dalam pengukuran bila digunakan gambar 3.7 di bawah ini.



Gambar 3.7. Fungsi transfer simpangan

3. Fungsi transfer kecepatan terhadap gaya eksitasi

Dalam kondisi seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.6. subtitusi persamaan (3.14) dan (3.1) menghasilkan :

$$x = -\frac{i}{\omega} \dot{x} \dots\dots\dots (3.19)$$

$$\dot{x} = \dot{x}$$

$$\ddot{x} = i\omega^2 \dot{x} \dots\dots\dots (3.20)$$

Subtitusi persamaan (3.2), (3.19) dan (3.20) kedalam persamaan (3.13) menghasilkan,

$$\dot{X} (i\omega m - k \frac{i}{\omega} + C) = F$$

$$\frac{F}{\dot{X}} = C + i \left(\omega m - \frac{k}{\omega} \right) \dots \dots \dots (3.21)$$

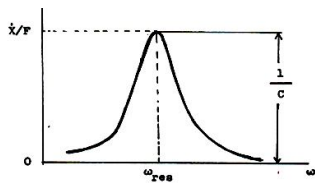
Substitusi persamaan (3.6), (3.9), (3.10) dan (3.11) kedalam persamaan (3.21) menghasilkan,

$$\frac{F}{\dot{X}} = C_k + \left(\frac{C}{C_k} + i \left(\frac{\omega}{2\omega_n} - \frac{\omega_n}{2\omega} \right) \right) \dots (3.22)$$

Pada saat terjadi resonansi $\omega = \omega_n$ maka :

$$\frac{\dot{X}}{F \text{ res}} = \frac{1}{C} \dots \dots \dots (3.23)$$

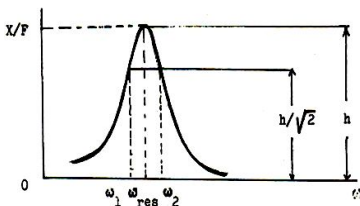
Fungsi transfer kecepatan ini (3.23) dipakai bila dalam pengujian diukur kecepatan yang hasilnya seperti gambar 3.8



Gambar 3.8. Fungsi transfer kecepatan

4. Menentukan faktor peredaman

Untuk menentukan faktor peredaman, digunakan “half power point” (titik-titik daya separuh) yang didefenisikan sebagai perbedaan antara dua frekuensi sehubungan dengan respon amplitudo yang sama yang dihubungkan dengan redaman suatu sistem, dimana kedua titik yang dimaksud terletak pada $1/\sqrt{2}$ tinggi puncak untuk kondisi resonansi untuk fungsi transfer seperti pada gambar 3.9 berikut. Kedua titik tersebut mempunyai sifat unik dan selisih frekuensi antara keduanya dikenal sebagai “bandwith”



Gambar 3.7. Ilustrasi perhitungan faktor redaman

Bila kondisi ini dimaksudkan dalam persamaan (3.18), maka akan diperoleh :

$$\frac{\dot{X}}{F \text{ res}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{1}{k} \cdot \frac{1}{2\sqrt{2}}$$

Dalam kondisi seperti ini, harga F/X menurut persamaan (3.17) adalah :

$$\begin{aligned} \frac{F}{\dot{X}} &= 2\sqrt{2}\xi k = k \sqrt{\left(1 - \frac{\omega}{\omega_n}\right)^2 + 2\xi\left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2} \\ 2\sqrt{2}\xi &= \sqrt{\left(1 - \frac{\omega}{\omega_n}\right)^2 + 2\xi\left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2} \\ 8\xi^2 &= 1 - 2\left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2 + \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^4 + 4\xi^2\left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2\left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^4 \\ &\quad + 4\xi^2 - 2\left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2 + (1 - 8\xi^2) \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2 &= \frac{(2 - 4\xi^2) + \sqrt{16\xi^4 - 16\xi^2 + 4 - 4 + 32\xi^2}}{2} \\ &= 1 - 2\xi^2 \pm \sqrt{4\xi^4 + 4\xi^2} \\ &= 1 - 2\xi^2 \pm 2\xi \sqrt{\xi^2 + 1} \dots \dots \dots (3.24) \end{aligned}$$

Apabila $\xi \ll 1$, harga $\xi^2 \approx 0$, maka persamaan (3.24) dapat disederhanakan menjadi :

$$\begin{aligned} \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2 &= 1 \pm 2\xi \\ \left(\frac{\omega_1}{\omega_n}\right)^2 &= 1 - 2\xi \text{ dan } \left(\frac{\omega_2}{\omega_n}\right)^2 \\ &= 1 + 2\xi \dots (3.25) \end{aligned}$$

Bila persamaan –persamaan (3.25) diperkurangkan, maka diperoleh :

$$\begin{aligned} \frac{\omega_2^2 - \omega_1^2}{\omega_n^2} &= 4\xi \\ \frac{\omega_2 - \omega_1}{\omega_n} \cdot \frac{\omega_2 + \omega_1}{\omega_n} &= 4\xi \dots \dots \dots (3.26) \end{aligned}$$

Apabila diasumsikan $\omega_2 + \omega_1 \approx 2\omega_n$ gambar 3.9 maka persamaan (3.26) dapat disederhanakan menjadi :

$$2 \cdot \frac{\omega_2 - \omega_1}{\omega_n} = 4\xi$$

$$\xi = \frac{1}{2} \cdot \frac{\omega_2 - \omega_1}{\omega_n} = 4\xi \dots \dots \dots (3.27)$$

Dengan demikian berdasarkan persamaan (3.27) faktor redaman dapat dihitung dari fungsi transfer simpangan. Untuk mencari faktor redaman pada fungsi transfer kecepatan, penurunan rumusnya dimulai dari persamaan (3.22) dan akan diperoleh :

$$\frac{F}{\dot{X}} = C + i \frac{C}{\xi} \cdot \frac{1}{2} \left(\frac{\omega}{\omega_n} - \frac{\omega_n}{\omega} \right)$$

$$= C \left(1 + i \frac{1}{2\xi} \left(\frac{\omega}{\omega_n} - \frac{\omega_n}{\omega} \right) \right)$$

$$\frac{F}{\dot{X}} = C \sqrt{1 + i \frac{1}{4\xi^2} \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_n} - \frac{\omega_n}{\omega} \right)^2} \dots \dots \dots (3.28)$$

Bila pada fungsi transfer kecepatan dilakukan juga pemotongan $1/\sqrt{2}$ seperti ditunjukkan pada gambar 3.9 maka persamaan (3.23) menjadi :

$$\left| \frac{\dot{X}}{F} \right|_{res} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}C} \dots \dots \dots (3.29)$$

Dalam kondisi demikian, bila persamaan (3.29) disubstitusi kepersamaan (3.28) akan diperoleh :

$$\frac{F}{\dot{X}} = \sqrt{2}C = C \sqrt{1 + i \frac{1}{4\xi^2} \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_n} - \frac{\omega_n}{\omega} \right)^2}$$

$$2 = 1 + i \frac{1}{4\xi^2} \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_n} - \frac{\omega_n}{\omega} \right)^2$$

$$\frac{\omega_1}{\omega_n} - \frac{\omega_n}{\omega_1} = -2\xi \text{ dan } \frac{\omega_2}{\omega_n} - \frac{\omega_n}{\omega_2} = 2\xi \dots (3.30)$$

Kedua harga dalam persamaan (3.30) diperkurangkan, akan diperoleh persamaan berikut :

$$\frac{\omega_1}{\omega_n} - \frac{\omega_n}{\omega_1} - \frac{\omega_2}{\omega_n} - \frac{\omega_n}{\omega_2} = 4\xi$$

$$4\xi = \frac{\omega_1 - \omega_2}{\omega_n} + \left(\frac{\omega_n}{\omega_2} - \frac{\omega_n}{\omega_1} \right)$$

$$4\xi = \frac{\omega_1 - \omega_2}{\omega_n} + \left(\frac{\omega_n(\omega_1 - \omega_2)}{\omega_2 \cdot \omega_1} \right) \dots \dots (3.31)$$

Apabila diasumsikan $(\omega_2 \cdot \omega_1) = \omega_n^2$ gambar 3.9 maka persamaan (3.31) dapat disederhanakan menjadi :

$$4\xi = 2 \left(\frac{\omega_1 - \omega_2}{\omega_n} \right) \text{ atau } \xi = \frac{\omega_1 - \omega_2}{2\omega_n} \dots \dots (3.32)$$

Berdasarkan persamaan-persamaan yang telah dituliskan di depan, berikut dituliskan persamaan-persamaan darimasing-masing fungsi transfer yaitu :

- Untuk jenis fungsi transfer simpangan harga puncaknya (resonansi) adalah :

$$\frac{X}{F} = \frac{1}{2 \cdot \xi \cdot k}$$

$$\xi = \frac{\omega_2 - \omega_1}{2 \cdot r_{res}} \dots \dots \dots (3.33)$$

$$k = \frac{1}{2 \cdot \xi \cdot \frac{X}{F \cdot r_{res}}} \dots \dots \dots (3.34)$$

$$m = \frac{k}{\omega_{res}^2} \dots \dots \dots (3.35)$$

$$Ck = 2\sqrt{k \cdot m} \dots \dots \dots (3.36)$$

$$C = \xi \cdot Ck \dots \dots \dots (3.37)$$

- Untuk jenis fungsi transfer kecepatan harga puncaknya (resonansi) adalah :

$$\frac{\dot{X}}{F} = \frac{1}{C}$$

$$C = \frac{1}{\left| \frac{\dot{X}}{F} \right|_{res}} \dots \dots \dots (3.38)$$

$$\xi = \frac{\omega_2 - \omega_1}{2\omega_{res}} \dots \dots \dots (3.39)$$

$$Ck = \frac{C}{\xi} \dots \dots \dots (3.40)$$

$$m = \frac{Ck}{2\omega_{res}} \dots \dots \dots (3.41)$$

$$k = \frac{Ck^2}{4 \cdot m} \dots \dots \dots (3.41)$$

IV. Metode Penelitian

A. Waktu dan tempat penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Januari 2009 di Laboratorium Mekanika Terpakai Fakultas Teknik Mesin Universitas Hasanuddin Ujung Pandang.

B. Bahan dan alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah balok aluminium dan

besi cor yang keduanya adalah berukuran sama, yaitu ; panjang balok 750 mm

Lebar 25,4 mm

Tebal 12,7 mm

Alat-alat yang digunakan dalam meunjang pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut :

1. Unit pengatur kecepatan
2. Motor eksiter (penggetar)
3. Vibration Meter, model 5160 DV, dengan skala terkecil 0,00125 mm
4. Jangka sorong

C. Pelaksanaan penelitian

Untuk mengetahui karakteristik dari getaran balok besi cord dan aluminium yang ditumpu secara cantilever dilakukan penempatan motor penggetar pada balok yang ditentukan sebagai berikut :

1. Motor ditempatkan pada titik L dari tumpuan
2. Motor penggetar ditempatkan pada titik $3/4$ dari tumpuan (jepitan)
3. Motor penggetar ditempatkan pada titik $L/2$ dari tumpuan (jepitan).

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa pengukuran yaitu pengukuran simpangan dan pengukuran kecepatan dari sistem yang bergetar. Pengukuran simpangan dan kecepatan pada balok besi cord an aluminium dilakukan pada masing-masing perlakuan motor penggetar.

Tahap pelaksanaan pengukuran simpangan dan kecepatan adalah sebagai berikut :

- a. Menghubungkan motor penggetar dengan pengatur kecepatan
- b. Motor penggetar dihidupkan (dijalankan)
- c. Mengatur putaran motor penggetar
- d. Untuk tahap pertama sistem digetarkan pada frekuensi ini, simpangan sistem diukur dengan alat vibrator meter. Untuk pengukuran simpangan vibration meter di set posisi simpangan di catat, dilanjutkan

dengan pengukuran kecepatan, untuk kecepatan, vibration meter di set pada posisi kecepatan (Velocity)

- e. Selanjutnya, sistem digetarkan pada frekuensi lain yaitu pada frekuensi yang lebih tinggi. Pada frekuensi tersebut kembali dilakukan pengukuran simpangan dan kecepatan, demikian seterusnya.
- f. Pengukuran simpangan dan kecepatan untuk setiap frekuensi eksitasi dan setiap tempat perletakan motor penggetar masing-masing dilakukan tiga kali.

D. Pelaksanaan pengujian tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk melengkapi informasi sebagai data pendukung dalam penelitian.

1. Bahan dan alat
 - Dial Gauge
 - Jangka Sorong
 - Mistar ukuran 30 cm
2. Mesin yang digunakan yaitu Tipe mesin Universal testing Machine UPH dilengkapi dengan DIN 51221
3. Cara pengujian
 - a. Pada spesimen yang akan di uji diberi tanda atau ulir pada penjepit atas dan penjepit bawah
 - b. Meletakkan benda uji diantara kedua penjepit tepat pada tanda yang diberikan
 - c. Memeriksa jarum skala/kedudukan sebelum mesin dijalankan
 - d. Mengatur kecepatan spindle serendah mungkin
 - e. Mengamati jarum skala yang menunjukkan titik proporsional, yielding, maksimum dan patah.
 - f. Mengukur spesimen setelah dilakukan pengujian.

E. Analisa data

Dari hasil plot pada grafik yang telah dibuat dapat ditentukan besarnya faktor redaman (ξ) dengan menggunakan

persamaan (3.33) dan (3.39) untuk menghitung masing-masing fungsi transfer simpangan dan fungsi transfer kecepatan.

Besaran-besaran ekuivalen lainnya seperti : massa (m), dan koefisien redaman (C), Kekakuan (k), koefisien redaman kritis (C_k) diperoleh dengan menggunakan persamaan fungsi transfer yang digunakan. Untuk fungsi transfer simpangan, kekakuan dihitung dengan persamaan (3.34) selanjutnya massa sistem (m) dihitung dengan persamaan (3.35) penentuan koefisien redaman kritis (c_k) dihitung dengan persamaan (3.36) dan koefisien redaman (c) dihitung dengan persamaan (3.37).

Untuk jenis fungsi transfer kecepatan, penentuan kekakuan (k) dihitung dengan persamaan (3.42). Untuk menentukan sistem (m) digunakan persamaan (3.41) selanjutnya koefisien redaman (c) dan koefisien redaman (C_k) masing-masing dihitung dengan persamaan (3.38) dan (3.40)

V. Hasil Dan Pembahasan

A. Analisa dengan fungsi transfer simpangan

Hasil perhitungan dengan fungsi transfer simpangan disajikan dalam tabel 13, dari hasil tersebut diperoleh bahwa frekuensi pribadi sistem getaran balok aluminium dan besi cor pada ketiga tempat perletakan motor penggetar masing-masing mempunyai harga yang berbeda-beda dimana semakin mendekati jepitan semakin besar frekuensi pribadinya. Frekuensi pribadi terbesar terjadi pada tempat perletakan motor penggetar $L/2$ dari jepitan, kemudian $3L/4$ dari jepitan dan frekuensi terkecil terjadi pada tempat perletakan motor penggetar L dari jepitan.

Frekuensi pribadi untuk sistem getaran balok aluminium pada ketiga tempat perletakan motor penggetar $L/2$, $3L/4$ dan L dari jepitan berturut-turut adalah 44,48 rad/s, 23,55 rad/s, dan 15,7 rad/s. Sedangkan frekuensi pribadi sistem

getaran balok besi cor pada ketiga tempat perletakan motor penggetar disebabkan karena terjadinya simpangan yang semakin kecil pada saat mendekati jepitan dan sebaliknya.

Dengan perbedaan harga frekuensi pribadi untuk setiap perletakan motor penggetar, maka diperoleh pula harga kekakuan yang berbeda dari setiap tempat perletakan motor penggetar, dimana kekakuan sistem getaran aluminium pada ketiga tempat perletakan motor penggetar $L/2$, $3L/4$ dan L dari jepitan masing-masing adalah 6591,96 N/m, 473,58 N/m, dan 94,78 N/m dan kekakuan sistem getaran balok besi cor pada ketiga tempat perletakan motor penggetar $L/2$, $3L/4$ dan L dari jepitan berturut-turut adalah 952,5 N/m, 269,6 N/m dan 33,6 N/m.

Dari harga-harga kekakuan di atas untuk setiap tempat perletakan motor penggetar dapat dikatakan bahwa semakin dekat pada jepitan semakin besar kekakuannya. Redaman yang terdapat pada balok besi cor dan aluminium disebut redaman padat atau redaman struktural. Dari hasil redaman yang dimiliki oleh sistem getaran balok besi cor pada ketiga tempat perletakan motor penggetar $L/2$, $3L/4$ dan L dari jepitan masing-masing adalah 0,091, 0,032, 0,0535. Sedangkan faktor redaman yang dimiliki oleh sistem getaran balok aluminium pada ketiga tempat perletakan motor penggetar $L/2$, $3L/4$ dan L dari jepitan masing-masing adalah 0,041, 0,0713, 0,027.

Selanjutnya koefisien redaman yang dimiliki oleh ketiga tempat perletakan motor penggetar untuk besi cor $L/2$, $3L/4$ dan L dari jepitan berturut-turut adalah 3,68 Ns/m, 0,55 Ns/m dan 0,275 Ns/m. dan untuk sistem getaran balok aluminium masing-masing adalah 12,15 Ns/m, 2,87 Ns/m dan 0,327 Ns/m.

Untuk koefisien redaman kritis oleh sistem getaran balok yaitu redaman pada kondisi tersebut sistem tidak akan bergetar sedangkan koefisien redaman kritis

balok aluminium pada masing-masing perletakan motor penggetar $L/2$, $3L/4$ dan L dari jepitan adalah 296,4 Ns/m, 40, 23 Ns/m dan 1,07 Ns/m. untuk sistem getaran balok besi cor pada tempat perletakan motor yang sama koefisien redaman kritisnya masing-masing adalah 40,44 Ns/m, 17,16 Ns/m dan 5,14 Ns/m.

Dari hasil analisa parameter getaran untuk sistem getaran balok aluminium massa sistem yang diperoleh pada ketiga perletakan motor penggetar $L/2$, $3L/4$ dan L dari jepitan masing-masing adalah 0,332 kg, 0,85 kg dan 0,38 kg sedangkan untuk sistem getaran balok besi cor masing-masing diperoleh 0,429 kg, 0,273 kg dan 0,07 kg.

VI. Kesimpulan

Metode fungsi transfer dapat digunakan untuk menganalisa getaran secara eksperimental, dengan menggunakan fungsi transfer, maka karakteristik getaran seperti faktor keamanan redaman (ξ), kekakuan (k), Koefisien redaman (C), koefisien redaman kritis (C_k) dan massa sistem (m) dapat ditentukan

1. Karakteristik ini cenderung menjadi besar jika tempat perletakan motor penggetar semakin mendekati jepitan. Harga maksimum diperoleh pada tempat perletakan motor penggetar $L/2$ dari jepitan sedangkan pada tempat perletakan motor penggetar L dari jepitan diperoleh harga yang terkecil.
2. Semakin besar frekuensi akibat putaran yang diberikan semakin besar akan menghasilkan simpangan dan kecepatan yang semakin besar pula sampai pada saat terjadinya resonansi maka kekakuan dan koefisien redaman yang terjadi semakin kecil.
3. Untuk spesimen yang sama pada tempat perletakan motor penggetar yang bervariasi (semakin dekat pada jepitan) akan diperoleh fungsi transfer yang semakin kecil, dan sebaliknya

4. Untuk fungsi transfer simpangan pada spesimen besi cor dan aluminium pada tempat perletakan motor penggetar yang sama akan diperoleh fungsi transfer yang lebih besar pada spesimen besi cor. Sedangkan pada fungsi transfer kecepatan untuk spesimen aluminium dan besi cor diperoleh fungsi transfer yang lebih besar pada spesimen aluminium.
5. Dari hasil analisa, kekakuan yang diperoleh pengujian tarik lebih besar dibandingkan dengan kekakuan yang diperoleh pada pengujian getaran, perbedaan yang diperoleh pada pengujian ini disebabkan oleh sistem pembebanan yang diberikan pada spesimen tersebut.

Daftar Pustaka

- Austin H, Church " Mechanical Vibration" second edition Toppan Company, ltd, Tokyo, Japan 1957
- Thomson, W, T, Lea Prasetyo, Dra, Msc. " Teori Getaran Dan Penerapan" edisi kedua, penerbit Erlangga, Jakarta 1986
- Miliam, W, Seto. B. S. in ME,MS, " Getaran Mekanis" Penerbit Erlangga, Jakarta 1985
- Mappaita, Abdullah, Ir, MSME," Getaran Mekanik" diktat, Materi Kuliah, Jurusan Mesin UMI Ujung Pandang 1989.
- Nieman, G, Budiman , Anton, Ir. Dipl, Ing, Priambono, Bambang, Ir, " Elemen Mesin" Jilid I, edisi kedua, Penerbit Erlangga, Jakarta 1986.