

# APLIKASI METODE FUNGSI TRANSFER PADA ANALISIS KARAKTERISTIK GETARAN BALOK KOMPOSIT (BAJA DAN ALUMINIUM) DENGAN SISTEM TUMPUAN SEDERHANA

Naharuddin<sup>1</sup>, Abdul Muis<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Laboratorium Bahan Teknik, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Tadulako

## Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan karakteristik getaran balok komposit yang menggunakan sistem tumpuan sederhana. Bahan yang digunakan adalah pelat baja dan aluminium yang disusun berselang-seling kemudian diikat dengan baut sehingga menyerupai balok komposit. Dimensi spesimen yaitu panjang 850 mm, lebar 25,4 mm, dan tebal 12 mm. Beban yang bekerja pada sistem berupa motor eksiter dengan piring ketidakseimbangan yang diletakkan pada 1/4 L, 2/4 L, dan 3/4 L dari tumpuan engsel. Pengukuran data adalah putaran motor dan amplitudo. Analisis data dengan metode fungsi transfer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai frekuensi pribadi  $\omega_n$ , kekakuan  $k$ , dan koefisien redaman kritis  $C_k$  untuk setiap posisi eksiter terbesar pada jarak 1/4 L, kemudian 3/4 L, dan terkecil 2/4 L dari tumpuan engsel. Nilai-nilai tersebut adalah posisi eksiter 1/4 L ( $\omega_n = 52,333$  rad/s,  $k = 9596,4338$  N/m dan  $C_k = 366,74590$  Ns/m); posisi eksiter 3/4 L ( $\omega_n = 47,100$  rad/s,  $k = 7790,8802$  N/m dan  $C_k = 330,8229$  Ns/m); dan posisi eksiter 2/4 L ( $\omega_n = 36,633$  rad/s,  $k = 4704,4033$  N/m dan  $C_k = 256,8396$  Ns/m).

**Kata Kunci** : Getaran, balok komposit, fungsi transfer, tumpuan sederhana

## I. PENDAHULUAN

Dalam perencanaan konstruksi mesin, salah satu yang menjadi masalah utama adalah mengatasi masalah getaran. Getaran mekanis akan terjadi jika dalam suatu mesin terdapat minimal dua elemen pengumpul energi. Elemen pengumpul energi yang pertama adalah massa yang menyimpan energi kinetik dan yang kedua adalah alat elastis yang menyimpan energi potensial. Suatu sistem yang memiliki kedua elemen pengumpul energi tersebut, besar kemungkinan untuk mengalami getaran.

Kondisi yang paling berbahaya bagi suatu sistem yang bergetar adalah kondisi getaran dimana terjadi resonansi. Pada keadaan ini terjadi simpangan maksimum yang mana membuat elemen dari sistem mengalami beban dinamis maksimal dan dapat menimbulkan kerusakan atau memperpendek umur pemakaian elemen tersebut.

Parameter yang turut menentukan resonansi yang dapat terjadi dari suatu sistem bergetar adalah massa ( $m$ ) dan kekakuan ( $k$ ) dari sistem tersebut. Mengubah harga parameter-parameter tersebut akan turut mempengaruhi frekuensi pribadi sistemnya. Kekakuan yang besar dan massa yang lebih kecil akan menambah besarnya frekuensi sistem. Hal ini dapat diperoleh pada material komposit yang dirancang dengan tujuan memperoleh sifat kaku dan ringan.

---

---

Dengan menganalisa fenomena getaran yang terjadi pada suatu mesin, maka dapat dilakukan hal-hal yang bertujuan untuk mengurangi efek getaran yang dianggap berbahaya dengan berusaha meredam getaran yang terjadi. Hal ini dapat dilakukan dengan memasang peredam getaran yang baik sesuai dengan kondisi dan tujuan yang diinginkan

Pemilihan material untuk suatu struktur/komposit pada dasarnya ialah memilih sifat-sifat yang dimiliki oleh bahan itu sendiri. Hal ini berarti bahwa optimasi konstruksi dan optimasi penggunaannya ditujukan guna meningkatkan efisiensi penggunaan bahan maupun untuk meningkatkan kualitas bahan atau material yang telah dipilih.

Balok komposit yang akan dianalisa karakteristik getarannya terdiri dari dua jenis material pelat yaitu baja dan aluminium yang disusun berselang seling dan diikat dengan baut. Analisis tersebut dilakukan pada balok komposit dengan sistem tumpuan sederhana untuk mengetahui sejauh mana karakteristik getaran yang terjadi dari balok komposit tersebut sehubungan dengan jenis konstruksi yang akan direncanakan.

## **II. LANDASAN TEORI**

### **II.1 Getaran**

Getaran merupakan gerakan berisolasi dari suatu sistem yang dapat berupa gerakan beraturan dan berulang secara kontinyu atau dapat juga berupa gerakan tidak beraturan atau acak (random). Setiap benda atau sistem yang memiliki massa dan sifat elastisitas jika diberi gangguan (rangsangan), maka benda atau sistem tersebut akan bergetar. Berdasarkan gangguan yang diberikan pada benda atau sistem, getaran yang timbul dapat diklasifikasikan sebagai getaran bebas dan getaran paksa. Getaran bebas terjadi jika sistem berisolasi tanpa pengaruh gaya luar. Sistem berisolasi disebabkan oleh gaya yang berada dalam sistem itu sendiri. Jika suatu sistem diberi gangguan berupa gaya luar, maka akan bergetar pada frekuensi eksitasinya

### **II.2 Balok Komposit**

Balok merupakan suatu batang yang didesain untuk menerima beban yang bekerja dengan arah transversal terhadap garis sumbunya. Secara umum balok didefinisikan sebagai suatu benda yang dibatasi oleh enam buah persegi panjang yang masing-masing disebut bidang sisi atau sisi balok.

Balok yang terdiri atas lebih dari satu bahan disebut balok komposit. Contohnya adalah balok bimetalik, pipa yang dilapisi plastik, dan balok kayu dengan plat penguat baja. Banyak jenis lain dari balok komposit yang telah dikembangkan beberapa tahun terakhir, terutama untuk menghemat bahan dan mengurangi berat. Sebagai contoh, balok sandwich.

Balok sandwich adalah susunan dari beberapa komponen komposit laminar (berlapis) guna menambah ketebalan komponen sesuai dengan perencanaan. Contoh penggunaan komposit sandwich antara lain acces dor, upper skin, lower skin, radon (runah radar), leading edge, trailing edge, interior, dan lain-lain.

### II.3 Tumpuan Sederhana

Elemen struktural biasanya dikelompokkan menurut jenis-jenis beban yang dipikulnya. Balok yang ditumpu dengan tumpuan sederhana merupakan elemen struktur yang mengalami beban lateral, yaitu gaya-gaya atau momen yang vektornya tegak lurus sumbu batang. Balok biasanya dideskripsikan berdasarkan bagaimana balok tersebut ditumpu.

Balok bertumpuan sederhana adalah balok dengan tumpuan sendi disatu ujung dan tumpuan roll diujung lainnya. Ciri penting pada tumpuan sendi adalah mencegah translasi (arah horizontal atau vertikal) diujung suatu balok tetapi tidak mencegah rotasinya. Ciri pada tumpuan roll mencegah translasi dalam arah vertikal tetapi tidak dalam arah horizontal, sehingga tumpuan ini dapat menahan gaya vertikal tetapi tidak gaya horizontal.

### II.4 Fungsi Transfer

Analisis karakteristik getaran suatu sistem secara eksperimental dapat dilakukan dengan menggunakan metode fungsi transfer. Metode fungsi transfer menyatakan hubungan antara keluaran (output) dengan masukan (input) dari suatu sistem getaran dengan cara eksperimental, maka dapat diperoleh informasi berupa frekuensi, resonansi, kekakuan, massa, faktor redaman, koefisien redaman, dan koefisien redaman kritis dari sistem yang bergetar. Secara matematis fungsi transfer adalah suatu fungsi yang menyatakan hubungan antara output dan input.



Gambar 1. Hubungan input-output sistem linier sederhana

Yang dimaksud fungsi transfer dalam domain frekuensi  $H(f)$  adalah  $H(f) = \frac{G(f)}{F(f)}$

#### II.4.1. Fungsi Transfer Simpangan Terhadap Gaya Eksitasi.

Untuk Fungsi transfer simpangan berlaku hubungan berikut ini

$$\left| \frac{X}{F} \right|_{res} = \frac{1}{k \cdot 2 \cdot \xi} \quad (1)$$

$$\xi = \frac{\omega_1 - \omega_2}{2 \cdot \omega_{res}} \quad (2)$$

$$k = \frac{1}{2 \cdot \xi \cdot \left| \frac{X}{F} \right|_{res}} \quad (3)$$

$$Ck = 2\sqrt{k \cdot m} \quad (4)$$

$$m = \frac{k}{\omega_{res}^2}, \quad Ceq = C = \xi \cdot C \quad (5)$$

#### II.4.2 Fungsi Transfer Kecepatan Terhadap Gaya Eksitasi

Dengan mempelajari fungsi transfer simpangan, maka untuk fungsi transfer kecepatan berlaku hubungan berikut ini

$$\left| \frac{\dot{X}}{F} \right|_{res} = \frac{1}{C} \quad (7)$$

$$C = \frac{1}{\left| \frac{\dot{X}}{F} \right|_{res}} \quad (8)$$

$$\xi = \frac{\omega_1 - \omega_2}{2 \cdot \omega_{res}} \quad (9)$$

$$Ck = \frac{C}{\xi} \quad (10)$$

$$m = \frac{Ck}{2 \cdot \omega_{res}} \quad (11)$$

$$k = \frac{Ck^2}{4 \cdot m} \quad (12)$$

### III. METO PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pelat baja dan aluminium yang disusun berselang seling kemudian diikat dengan baut sehingga menyerupai bahan komposit. Ukuran benda uji yang digunakan: panjang 850 mm, lebar 25,4 mm dan tebal 12,0 mm. Penelitian ini menggunakan tumpuan sederhana. Posisi peletakan eksiter diletakkan pada 1/4 L, 2/4 L, dan 3/4 L dari tumpuan engsel.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut : Vibrator meter untuk pengukuran amplitudo simpangan dan kecepatan, unit pengatur kecepatan, tachometer untuk mengukur kecepatan motor, dan motor penggerak (Eksiter). Pengambilan data dilakukan dengan pengukuran. Data pengukuran berupa putaran (n), amplitudo simpangan (X), dan gaya eksitasi (F) dengan F = input dan X,  $\dot{X}$  = output. Data hasil pengukuran berupa putaran (n) diubah menjadi kecepatan sudut ( $\omega$ ), simpangan (X), dan amplitudo kecepatan ( $\dot{X}$ ) serta gaya eksitasi F. Hasil perubahan ini dibuat dalam bentuk grafik. Dengan demikian akan diperoleh faktor peredam  $\xi$ . Harga faktor peredam yang diperoleh dimasukkan dalam persamaan (1) sehingga diperoleh kekakuan k persamaan (3). Selanjutnya koefisien redaman kritis Ck menggunakan persamaan (4), massa m dengan persamaan (5) dan koefisien redaman ekuivalen Cek persamaan (6).

Pada fungsi kecepatan harga koefisien redaman ekuivalen Cek diperoleh dari persamaan (8). Dengan menggunakan faktor peredam diperoleh koefisien redaman kritis Ck yang diperoleh dari persamaan (10), kemudian dihubungkan dengan persamaan (11), sedangkan massa m diperoleh dengan menggunakan persamaan (12).

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### IV.1. Hasil Perhitungan

Hasil pengukuran dan perhitungan getaran balok komposit ditampilkan dalam tabel 1 sampai dengan 3 berikut ini :

Tabel 1. Hasil pengukuran dan perhitungan getaran balok komposit sistem tumpuan sederhana pada posisi eksiter 1/4 L dari tumpuan engsel

No	Putaran(n) (rpm)	Amplitudo		$\omega$ (rad/s)	$F$ (N)	$ X/F $ (mm/N)	$\dot{X}/F$ (mm/Ns)
		$X$ (mm)	$\dot{X}$ (mm)				
1	200	0,025	1,275	20,933	0,071	0,359	18,032
2	250	0,046	2,361	26,167	0,110	0,414	21,376
3	300	0,080	4,119	31,400	0,159	0,503	25,898
4	350	0,135	7,231	36,633	0,216	0,622	33,401
5	400	0,221	12,166	41,867	0,283	0,782	43,027
6	450	0,361	20,443	47,100	0,358	1,009	57,128
7	500	1,066	55,737	52,333	0,442	2,412	126,162
8	550	0,586	29,573	57,567	0,535	1,096	55,321
9	600	0,535	25,170	62,800	0,636	0,840	39,564
10	650	0,507	23,799	68,033	0,747	0,679	31,876
11	700	0,476	22,533	73,267	0,866	0,550	26,023
12	750	0,460	20,978	78,500	0,994	0,463	21,104
13	800	0,437	19,722	83,733	1,131	0,386	17,438

Tabel 2. Hasil pengukuran dan perhitungan getaran balok komposit sistem tumpuan sederhana pada posisi eksiter 2/4 L dari tumpuan engsel

No	Putaran(n) (rpm)	Amplitudo		$\omega$ (rad/s)	$F$ (N)	$ X/F $ (mm/N)	$\dot{X}/F$ (mm/Ns)
		$X$ (mm)	$\dot{X}$ (mm)				
1	100	0,010	0,397	10,467	0,018	0,543	22,467
2	150	0,027	1,115	15,700	0,040	0,682	28,031
3	200	0,059	2,498	20,933	0,071	0,829	35,336
4	250	0,123	4,858	26,167	0,110	1,110	43,988
5	300	0,240	9,181	31,400	0,159	1,507	57,729
6	350	0,764	28,295	36,633	0,216	3,527	130,709
7	400	0,430	16,485	41,867	0,283	1,521	58,302
8	450	0,416	16,104	47,100	0,358	1,163	45,002
9	500	0,414	15,604	52,333	0,442	0,937	35,321
10	550	0,405	15,505	57,567	0,535	0,758	29,004
11	600	0,405	15,040	62,800	0,636	0,637	23,642

Tabel 3. Hasil pengukuran dan perhitungan getaran balok komposit sistem tumpuan sederhana pada posisi eksiter 3/4 L dari tumpuan engsel

No	Putaran(n) (rpm)	Amplitudo		$\omega$ (rad/s)	F (N)	$ X/F $ (mm/N)	$\dot{X}/F$ (mm/Ns)
		X (mm)	$\dot{X}$ (mm)				
1	100	0,007	0,285	10,467	0,018	0,375	16,114
2	150	0,017	0,741	15,700	0,040	0,426	18,643
3	200	0,035	1,553	20,933	0,071	0,497	21,976
4	250	0,066	2,966	26,167	0,110	0,598	26,854
5	300	0,115	5,192	31,400	0,159	0,723	32,642
6	350	0,196	9,368	36,633	0,216	0,907	43,277
7	400	0,343	16,459	41,867	0,283	1,213	58,213
8	450	0,970	45,785	47,100	0,358	2,711	127,944
9	500	0,559	25,599	52,333	0,442	1,265	57,944
10	550	0,485	23,094	57,567	0,535	0,907	43,201
11	600	0,457	20,847	62,800	0,636	0,718	32,769
12	650	0,459	20,563	68,033	0,747	0,615	27,542
13	700	0,474	19,905	73,267	0,866	0,547	22,988
14	750	0,431	19,118	78,500	0,994	0,434	19,233

#### IV.2. Analisa dengan Fungsi Transfer Simpangan

Hasil perhitungan besaran ekivalen getaran balok komposit sistem tumpuan sederhana dengan fungsi transfer simpangan ditampilkan dalam table 4

Tabel 4. Besaran ekivalen getaran balok komposit sistem tumpuan sederhana untuk fungsi transfer simpangan

No	Posisi Eksiter	$\omega_{res}$ (rad/s)	$\xi$	K (N/m)	M (kg)	Ck (N.s/m)	C (N.s/m)
1	1/4 L	52,333	0,0216	9596,4338	3,5040	366,7450	7,9189
2	2/4 L	36,633	0,0298	4704,4033	3,5056	256,839	7,6422
3	3/4 L	47,100	0,0237	7790,8802	3,5119	330,8229	7,8316

Dari hasil perhitungan tersebut terlihat bahwa frekuensi resonansi yang terjadi akan semakin besar apabila eksiter ditempatkan semakin dekat dengan tumpuan. Frekuensi terbesar terjadi pada posisi eksiter 1/4 L dari tumpuan engsel, kemudian 3/4 L dari tumpuan engsel dan terkecil pada 2/4 L. Besarnya frekuensi resonansi yang terjadi dari yang terbesar ke yang terkecil berturut-turut 52,333 rad/s, 47,100 rad/s, dan 36,633 rad/s.

Perubahan harga frekuensi resonansi pada sistem tumpuan sederhana untuk setiap posisi eksiter, terjadi karena pada setiap posisi eksiter tersebut memberikan nilai kekakuan yang berbeda. Semakin dekat dengan tumpuan, maka kekakuannya semakin besar sehingga untuk memberikan simpangan yang sama dengan posisi eksiter yang lebih jauh dari tumpuan memerlukan gaya yang lebih besar atau dengan kata lain frekuensinya lebih besar demikian pula sebaliknya. Akan halnya untuk tumpuan sederhana pada posisi eksiter  $1/4 L$  dari tumpuan engsel dan  $3/4 L$  dari tumpuan engsel menghasilkan harga frekuensi resonansi yang lebih besar dari pada posisi eksiter  $1/4 L$  dari tumpuan engsel meskipun keduanya terletak  $1/4 L$  dari salah satu tumpuan. Perbedaan ini disebabkan oleh perbedaan jenis kedua tumpuan yaitu engsel dan roll. Jenis tumpuan roll, ujung batang dapat bergerak translasi searah sumbu batang sedangkan pada jenis tumpuan engsel tidak. Dengan demikian, posisi eksiter  $1/4L$  dari tumpuan engsel menghasilkan kekakuan yang lebih besar dibandingkan posisi  $1/4 L$  dari tumpuan roll.

Besarnya nilai kekakuan sistem tumpuan sederhana pada setiap posisi eksiter  $1/4 L$ ,  $2/4 L$ . dan  $3/4 L$  dari tumpuan engsel berturut-turut 9596,4338 N/m, 4704, 4033 N/m, dan 7790,8802 N/m. Nilai kekakuan untuk masing-masing posisi eksiter memperlihatkan bahwa semakin dekat eksiter pada salah satu ujung tumpuan maka kekakuannya semakin besar. Hal ini disebabkan oleh semakin dekat eksiter dengan tumpuan, maka gaya yang diperlukan untuk mendapatkan perpindahan atau simpangan semakin besar. Jadi kekakuan merupakan fungsi dari posisi eksiter.

Koefisien redaman yang dimiliki batang komposit pada pengujian ini dikategorikan sebagai redaman struktur. Disamping itu, pada batang komposit juga bekerja peredaman coulomb akibat gesekan antar pelat penyusun komposit dan pengaruh baut pengikat. Nilai faktor redaman pada sistem tumpuan sederhana pada setiap posisi eksiter  $1/4 L$ ,  $2/4 L$ . dan  $3/4 L$  dari tumpuan engsel berturut-turut 0,0216, 0,0298, dan 0,0237. Koefisien redaman kritis adalah nilai minimum dari suatu koefisien redaman yang menyebabkan suatu sistem tidak akan beresonansi atau dengan kata lain apabila nilai koefisien redaman lebih besar dari nilai redaman kritis, maka sistem tidak akan beresonansi. Sedangkan apabila nilai koefisien redaman lebih kecil dari redaman kritis maka sistem akan beresonansi. Apabila koefisien redaman sama dengan koefisien redaman kritis maka sistem tepat akan beresonansi. Nilai koefisien redaman kritis sistem tumpuan sederhana pada masing-masing posisi eksiter  $1/4 L$ ,  $2/4 L$ . dan  $3/4 L$  dari tumpuan engsel berturut-turut 366,7450 Ns/m, 256,8396 Ns/m, dan 330,8229 Ns/m.

Dengan metode fungsi transfer ini, juga dapat diketahui massa sistem yang bergetar tanpa mengetahui dimensi-dimensi atau sifat-sifat sistem yang bergetar. Massa sistem ini dapat dihitung dengan cara nilai kekakuan dibagi dengan nilai kuadrat dari frekuensi pribadi. Massa sistem getaran pada tumpuan sederhana masing-masing posisi eksiter  $1/4 L$ ,  $2/4 L$ . dan  $3/4 L$  dari tumpuan engsel, diperoleh berturut-turut 3,5040 kg, 3,5056 kg, dan 3,5119 kg,

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian melalui analisis eksperimental dengan posisi eksiter 1/4 L, 2/4 L, dan 3/4 L dari tumpuan ensel, karakteristik getaran balok komposit dapat disimpulkan; Nilai frekuensi pribadi  $\omega_n$ , kekakuan k, dan koefisien redaman kritis Ck untuk setiap jenis tumpuan terbesar pada posisi eksiter 1/4 L, kemudian 3/4 L, dan terkecil 2/4 L dari tumpuan engsel. Nilai-nilai tersebut adalah posisi eksiter 1/4 L ( $\omega_n = 52,333$  rad/s,  $k = 9596,4338$  N/m dan  $C_k = 366,74590$  Ns/m); posisi eksiter 3/4 L ( $\omega_n = 47,100$  rad/s,  $k = 7790,8802$  N/m dan  $C_k = 330,8229$  Ns/m) dan posisi eksiter 2/4 L ( $\omega_n = 36,633$  rad/s,  $k = 4704,4033$  N/m dan  $C_k = 256,8396$  Ns/m).

## VI. DAFTAR PUSTAKA

1. Gere & Timoshenko. 2000. *Mekanika Bahan*. Jilid I. Edisi IV. Jakarta. Penerbit Erlangga.
2. Grover, G.K. 1997. *Mechanical Vibrations*. Nem Chand & Bros Roorkee.
3. Mappaita, Abdullah. 1996. *Getaran Mekanik Lanjutan. Materi Kuliah*. Ujung Pandang. Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
4. Mappaita, Abdullah. 2002. *Aplikasi Metode Fungsi Transfer pada Analisis Karakteristik Getaran Balok Kayu*. Makassar. Jurnal Penelitian Teknologi (INTEK) Tahun ke-8 No.2. Halaman 105-114.
5. Paz, Mario. 1990. *Dinamika Struktur (Teori dan Perhitungan)*. Edisi II. Jakarta. Penerbit Erlangga.
6. Thomson, W.T. 1992. *Teori Getaran dengan Penerapan*. Edisi II. Jakarta. Penerbit Erlangga.
7. Vierck, Robert K, dkk. 1985. *Analisis Getaran*. Bandung. Eresco