



Karakteristik Dinamik Disc Brake Daihatsu Siga 1200 cc dengan Metode Bump Test

Basuki Dwi Effendi¹, Subekti^{1*}, Abdul Hammid¹

¹Laboratorium Getaran, Teknik Mesin, Universitas Mercubuana, Meruya Selatan, Kembangan, Jakarta Barat, 11650, Indonesia

*Email Penulis: subekti@mercubuana.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

Naskah Diterima 08/10/2018
Naskah Direvisi 25/03/2019
Naskah Disetujui 28/03/2019
Naskah Online 28/03/2019

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan pada sistem disc brake Daihatsu Siga dengan silinder 1200 cc. tujuan makalah ini adalah untuk mengetahui karakteristik dinamika pada sistem disc brake Daihatsu Siga buatan pabrik mobil di Indonesia. Pengujian dilakukan dengan pengukuran metode bump test. Pada penelitian ini, response getaran diukur dengan menggunakan sensor accelerometer pada tiga puluh titik yang dibagi kedalam tiga bagian yaitu diameter dalam (bagian A), diameter tengah (bagian B), dan diameter luar (bagian C). gaya eksitasi dilakukan dengan menggunakan metoda bump test, pada pada titik yang sama. Rentang frekuensi yang digunakan adalah 1 – 1000 Hz. Pada penelitian ini, Terdapat frekuensi pribadi yang muncul lebih dari satu titik pengukuran. Hal ini menunjukkan adanya modus getar global. Modus getar global terjadi pada frekuensi pribadi 40 Hz, 53 Hz, 62 Hz, 116 Hz, 123 Hz, 304 Hz, dan 557 Hz Sedangkan frekuensi pribadi yang lain berkaitan dengan modus getar lokal, karena hanya muncul pada satu titik pengukuran saja

Kata kunci: Karakteristik, dinamik, disc brake, Daihatsu Siga, bump test, modus getaran

1. PENDAHULUAN

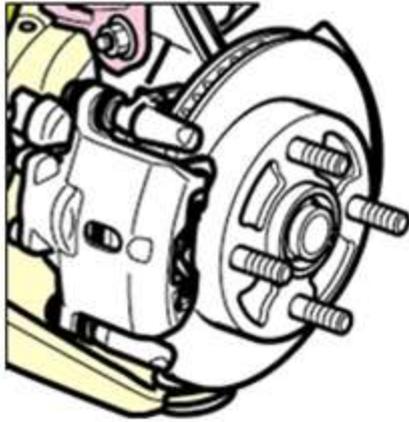
Sistem Rem dirancang untuk mengurangi kecepatan dan menghentikan kendaraan atau memungkinkan kendaraan parkir pada tempat menurun, sistem rem ini sangat penting pada kendaraan dan berfungsi sebagai alat keselamatan dan menjamin pengendalian yang aman. Dewasa ini menurut para ahli system rem merupakan kebutuhan yang sangat penting untuk keamanan berkendara dan juga memungkinkan kendaraan berhenti ditempat manapun dan dalam berbagai kondisi dapat berfungsi dengan baik dan aman (I Nengah Ludra Antara, 2018).

Dalam pengoperasiannya, *disc brake* dapat bergerak secara rotasi dengan putaran tertentu karena mendapat gaya yang berasal dari proses pembakaran yang ditransmisikan ke system pengereman. Pada saat komponen bergerak, ada gaya inersia dan gaya yang berasal dari proses transmisi daya. Gaya-gaya tersebut

akan menyebabkan struktur *disc brake* bergetar. Pada *disc brake* yang didesain dengan baik, getaran yang ditimbulkan lebih rendah, akan tetapi apabila jangka waktu pemakaian yang lama akan menyebabkan amplitude getaran tersebut menjadi besar, hal in akan mempengaruhi terhadap kondisi disc brake. Sinyal getaran yang ditimbulkan akan memiliki spektrum frekuensi dan ciri getaran tertentu. Efek getaran yang muncul pada *disc brake* sangat besar pengaruhnya, yang pada akhirnya akan memperpendek umur operasi dari *disc brake* tersebut.

Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui frekuensi fungsi response frekuensi getaran pada *Disc brake* Daihatsu Siga 1200 CC buatan Indonesia dengan sistem *hydraulic*, seperti tampak pada Gambar 1. Besarnya getaran yang terjadi diukur dengan menggunakan sinyal getaran yaitu Vibration Analyzer (Rion VA12). Dari Vibration analyzer diperoleh karakteristik dinamik disk brake melalui pengukuran

fungsi respon frekuensi (FRF) dengan metoda gaya eksitasi yang diberikan bump test. Fungsi respon frekuensi (FRF) merupakan dasar pengukuran untuk mengetahui karakteristik dinamis yang ada pada sebuah struktur mekanis. Parameter modal eksperimental (frekuensi, redaman, dan *mode shape*) dapat diperoleh dengan pengukuran FRF.



Gambar 1. Disc Brake Sibra (Repair manual Daihatsu Sibra, 2016)

2. TINJAUAN PUSTAKA

Fungsi respon frekuensi (FRF) merupakan perbandingan antara sinyal respon getaran yang diterima oleh suatu struktur mekanika akibat adanya gaya eksitasi getaran dari suatu sistem dalam domain frekuensi. Sinyal respons getaran maupun sinyal eksitasi getaran keduanya diukur secara bersamaan dengan menggunakan sensor getaran dan bump test sebagai gaya eksitasi. Dengan menggunakan transformasi Fourier, data hasil pengukuran tersebut oleh dan hasil transformasi diperoleh dalam domain frekuensi. Beberapa peneliti mengenai pengujian fungsi respon frekuensi telah dilakukan oleh beberapa peneliti, diantaranya adalah Subekti (2018) melakukan pengujian karakteristik dinamik pada motor torak silinder, dimana diperoleh adanya frekuensi modulus getaran global. Chen, dkk (2017) melakukan hubungan antara koefisien gesekan antara ban dengan jalan terhadap sistem kemudi dengan metoda FRF yang selanjutnya melakukan validasi antara eksperimen dengan simulasi. Kinerja dari suatu redaman pada kendaraan diukur dengan metoda FRF yang diperoleh dari gaya eksitasi yang diberikan kemudian dibandingkan dengan getaran yang diperoleh dari tingkat kecepatan dengan pengukuran pada titik yang sama dilakukan oleh Saha (2017). Identifikasi pada nonlinear dengan menggunakan metoda FRF, selanjutnya dilakukan analisis dengan menggunakan

wavelet packet decomposition dilakukan oleh Subekti, Hamid, A., dan Wahyudi (2018)

Sedangkan penelitian mengenai getaran pada disc brake telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya seperti Ghazaly, dkk. (2012) melakukan penelitian pada rem cakram komersial untuk mengetahui noise dengan menggunakan pemodelan FEA dan pengujian modal analysis. Joo, dkk (2018), melakukan simulasi numerik dan eksperimen mengenai distribusi kekakuan kontak dan kekasaran permukaan material dengan menggunakan Complex Eigenvalue Analysis (CAE). Kebisingan dihasilkan dalam Disc brake di mana ada transisi dari statis ke kondisi dinamis atau sebaliknya. Pengukuran respon frekuensi sering digunakan langkah-langkah untuk menghilangkan atau mengurangi kebisingan pada disc brake hasil eksperimen dibandingkan dengan hasil CAE dilakukan oleh Aniket, dkk (2016).

Suatu sistem yang ditunjukkan pada Gambar 1 menunjukkan suatu sistem massa, pegas dan peredam. Sistem ini dikenakan sebuah gaya sebesar F_0 secara terus menerus. Sistem tersebut sering disebut sebagai *single degree of freedom* (SDOF). Pada sistem SDOF dapat diketahui frekuensi pribadi sistem, frekuensi pribadi adalah frekuensi dimana suatu sistem struktur yang memiliki massa dan kekakuan beresilasi, ketika diberikan gaya eksitasi, apabila gaya tersebut dihilangkan maka struktur tersebut akan bersosilasi secara bebas. Frekuensi pribadi merupakan bagian dari modal property. Bentuk dari perpindahan struktur tersebut ketika bergetar disebut dengan modulus getar. Frekuensi getar sangat dipengaruhi oleh properti fisik dari struktur tersebut.

Apabila ingin diketahui amplitude simpangan x yang terjadi, maka perlu diketahui karakteristik besarnya x terhadap ω . Dari diagram benda bebas pada Gambar 1, persamaan gerak benda tersebut adalah

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = F_0 \tag{1}$$

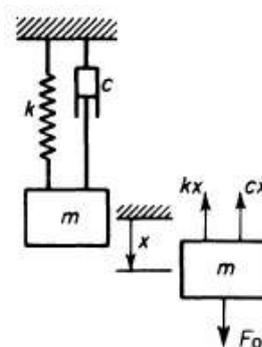
Misalkan

$$x = X e^{i\omega t} \tag{2}$$

$$\dot{x} = i\omega X e^{i\omega t} \tag{3}$$

$$\ddot{x} = -\omega^2 X e^{i\omega t} \tag{4}$$

$$F_0 = F e^{i\omega t} \tag{5}$$



Gambar 2. Model sistem getaran SDOF

Substitusikan persamaan (2) sampai (5) ke persamaan (1) sehingga diperoleh

$$-m\omega^2 X e^{i\omega t} + ci\omega X e^{i\omega t} + kX e^{i\omega t} = F e^{i\omega t} \tag{6}$$

$$\{(k - m\omega^2) + i(c\omega)\}Xe^{i\omega t} = Fe^{i\omega t} \quad (7)$$

$$\{(k - m\omega^2) + i(c\omega)\}X = F \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \frac{X}{F} &= \frac{1}{(k - m\omega^2) + i(c\omega)} \\ &= \frac{1}{k \left[1 - \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2 + i 2\zeta \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right) \right]} \end{aligned} \quad (9)$$

Dari persamaan (9) maka dapat diperoleh persamaan magnitude dan sudut fase sebagai berikut:

$$\begin{aligned} |H(\omega)| &= \frac{1}{(k - m\omega^2) + i(c\omega)} \\ &= \frac{1}{k \left[\left(1 - \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2\right)^2 + \left(2\zeta \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)\right)^2 \right]} \end{aligned} \quad (10)$$

Sedangkan sudut fase adalah

$$\begin{aligned} \varphi &= \tan^{-1} \left(\frac{c\omega}{k - m\omega^2} \right) \\ &= \tan^{-1} \left(\frac{2\zeta \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)}{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2} \right) \end{aligned} \quad (11)$$

Fungsi respon frekuensi (FRF) dapat diperoleh dengan mengukur spektrum frekuensi dari sinyal respon getaran yang diterima oleh suatu struktur mekanika akibat adanya gaya eksitasi getaran. Fungsi response frekuensi dibagi kedalam tiga kelompok berdasarkan respon yang diukur, yaitu:

a. Responnya berupa perpindahan, disebut Receptance

$$\alpha(\omega) = \frac{X}{F} \quad (12)$$

b. Responnya berupa kecepatan, disebut Mobility

$$Y(\omega) = \omega \alpha(\omega) \quad (13)$$

c. Responnya berupa percepatan, disebut Inertance

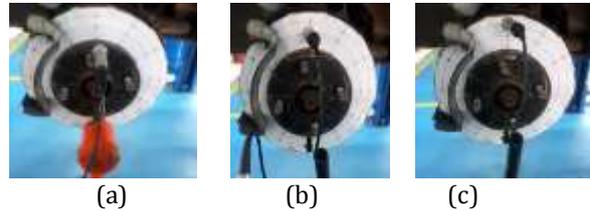
$$A(\omega) = -\omega^2 \alpha(\omega) \quad (14)$$

Pada pengukuran getaran *disc brake* sinyal hasil pengukuran diperoleh dari response sinyal yang berasal dari dalam atau diluar dari *disc brake* tersebut. Pada umumnya untuk mengetahui sinyal dari sumber getaran biasanya diukur dalam domain waktu, hal ini untuk menggambarkan bentuk asli dari sinyal getaran pada struktur yang diukur. Sinyal sederhana dalam domain waktu sangat mudah untuk dianalisis akan tetapi pada sinyal kompleks tentu akan sulit untuk dilakukan analisis. Sehingga memerlukan analisis dalam domain frekuensi, domain frekuensi diperoleh dengan menggunakan *Fast Fourier Transforms* (FFT), dimana setiap sinyal periodic merupakan hasil dari penjumlahan dari sinyal sinus atau kosinus yang terdapat frekuensi yang berbeda-beda.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Untuk mengetahui karakteristik dinamik pada *disc brake* dilakukan dengan pengukuran fungsi respon frekuensi (FRF). Gaya eksitasi diberikan ke *disc brake* dengan menggunakan vibration analyzer. Gaya eksitasi diberikan ke permukaan *disc brake* dalam arah vertical. Response getaran yang diukur dilakukan pada tiga titik

yaitu titik A diameter dalam pada *disc brake* dan segaris dengan penempatan sensor dan titik bump test, seperti ditunjukkan pada foto Gambar 3. FRF dilakukan pada titik A dibagian dekat pusat disck brake. Titik B berada di bagian diameter tengah, sedangkan titik C berada di diameter paling luar *disc brake* yang merupakan point FRF pada penelitian ini, seperti ditunjukkan pada Gambar 3 (a), (b) dan (c).

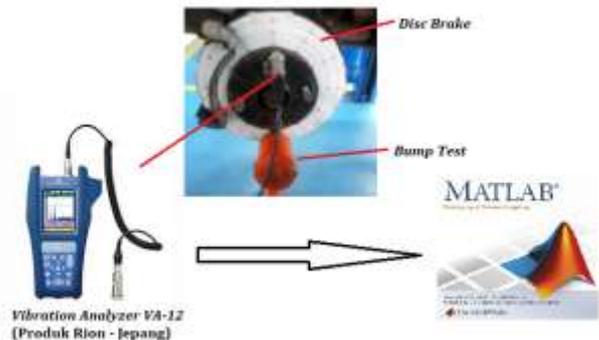


Gambar 3. Foto pengukuran fungsi respon frekuensi

Pemilihan titik pengukuran yang dilakukan tak lain adalah akan dilakukan penelitian lanjutan mengenai karakteristik getaran yang terjadi pada ketiga daerah tersebut terutama pada komponen *disc brake*, pada saat *disc brake* bekerja tersebut dalam kondisi diam dan diberi input getaran. Dalam pengukuran FRF pada penelitian ini, digunakan rentang frekuensi yaitu 1 - 1000 Hz. Penggunaan rentang frekuensi bertujuan agar pada saat pengujian *disc brake* dalam keadaan diam, kita dapat menggunakan dimana rentang frekuensi yang dapat digunakan. Sementara foto set up pengujian untuk mendapatkan data eksperimen dapat dilihat pada Gambar 3. *Disc brake* dilakukan bump test pada bagian bidang C, yang kemudian terbaca oleh vibration analyzer. Data yang diperoleh dari hasil pengukuran selanjutnya dianalisis dengan menggunakan Matlab.

Susunan perangkat pengukuran FRF diperlihatkan pada Gambar 4. Pada gambar tersebut dapat dilihat jenis-jenis peralatan yang digunakan, yaitu sebagai berikut:

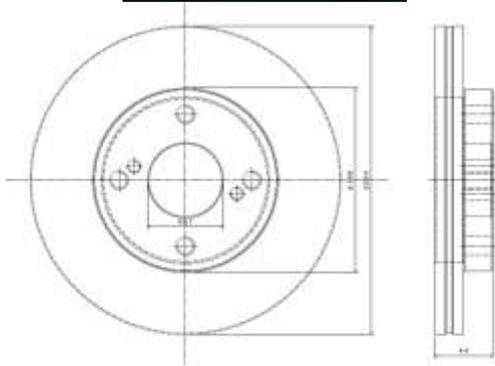
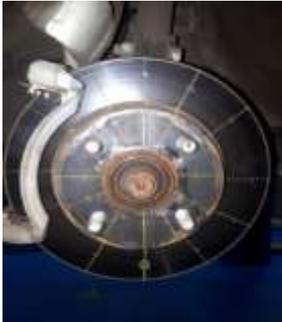
- Accelerometer, yang digunakan adalah accelerometer piezoelektrik buatan Rion Japan Corporation tipe CCLD type, PV-571. Accelerometer berfungsi untuk mengukur response getaran.
- Frequency span 100 Hz dengan analysis line 1600 menggunakan window fungsi linear.
- Actual sensitifity Num 510 dan actual sensitifity magnify x 0.01.



Gambar 4. Foto Set-up pengujian fungsi respon frekuensi

Sedangkan objek uji pada penelitian ini adalah *disc brake* Daihatsu Siga buatan Indonesia ditunjukkan pada Gambar 5, adapun spesifikasi dari *disc brake* tersebut adalah

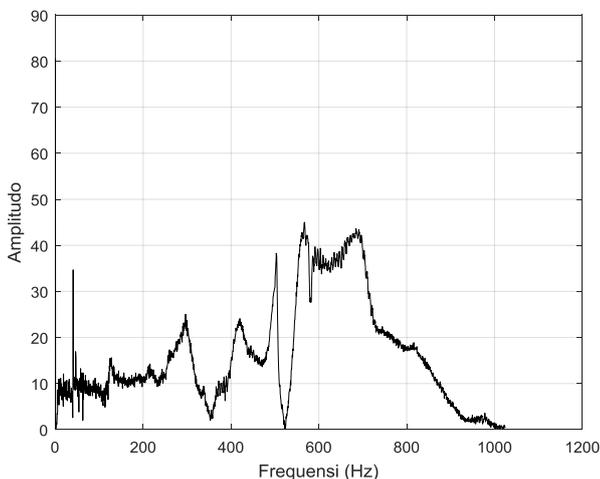
- Diameter luar : 234 mm
- Diameter dalam : 148 mm
- Tebal Disc : 44 mm
- Tightening point : 4 position
- Pendingin : udara



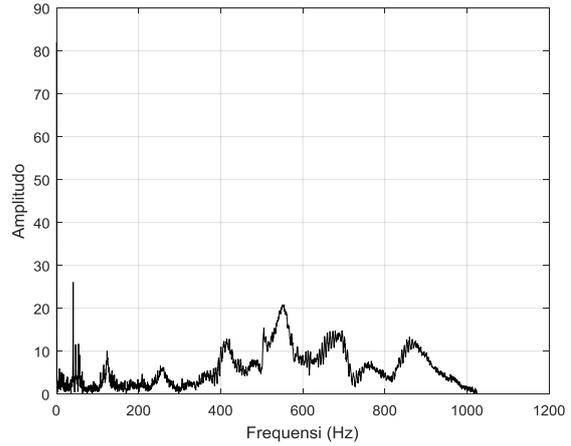
Gambar 5. Disc brake Daihatsu Siga

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Gambar 6, 7 dan 8 diperlihatkan salah satu hasil pengukuran FRF. Pada gambar tersebut merupakan hasil pengukuran FRF pada titik A5, B5, dan C5, dengan rentang frekuensi yang digunakan adalah 1 – 1000 Hz. Amplitudo yang dihasilkan pada titik A5, memiliki nilai tertinggi dibandingkan dengan titik B5 dan C5

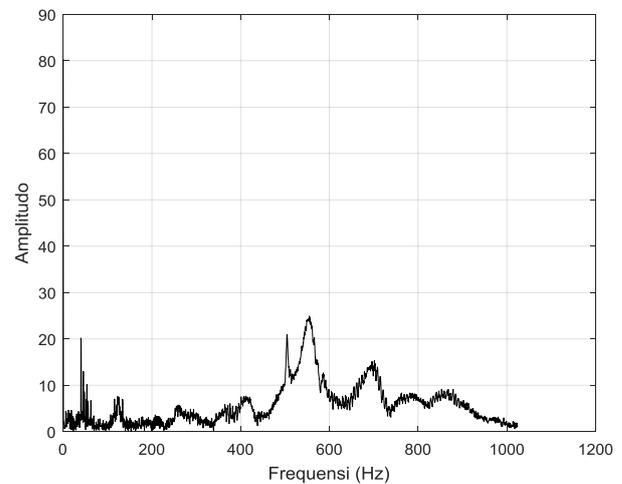


Gambar 6. Hasil pengukuran FRF dititik A5



Gambar 7. Hasil pengukuran FRF pada titik B5

Frekuensi pribadi yang diperoleh dari hasil pengukuran FRF pada penelitian ini, disajikan pada pada setiap titik dalam bentuk Tabel. Frekuensi pribadi pada titik A diperlihatkan pada Tabel 1. Tabel ini dapat dilihat adanya frekuensi pribadi yang muncul lebih dari satu titik pengukuran yang berjauhan. Ini menunjukkan bahwa frekuensi pribadi tersebut muncul karena adanya modus getar global, besarnya modus getara global muncul pada frekuensi 40 Hz dan 504 Hz.



Gambar 8. Hasil pengukuran Point FRF di titik C5

Frekuensi pribadi yang diperoleh dari hasil pengukuran FRF pada titik B, diperlihatkan pada Tabel 2. Tabel ini dapat dilihat adanya frekuensi pribadi yang muncul lebih dari satu titik pengukuran yang berjauhan. Ini menunjukkan bahwa frekuensi pribadi tersebut muncul karena adanya modus getar global. Terdapat empat buah modus getar global yang terjadi yaitu pada frekuensi 40 Hz, 53 Hz, 116 Hz, dan 504 Hz.

Sedangkan frekuensi pribadi yang dihasilkan di titik C menunjukkan bahwa modus getar global yang dihasilkan lebih banyak dari kedua titik yaitu titik A dan titik B. modus getar global yang dihasilkan adalah 40 Hz, 53 Hz, 62 Hz, 116 Hz, 123 Hz, 304 Hz, dan 557 Hz.

Tabel 1. Frekuensi pribadi hasil pengukuran FRF di titik A

Frek. Pribadi ke-	Titik									
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
1	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-
3	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	11	-
5	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	17	-
8	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	24	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	25	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	27	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	28	-	-	-	-	-	-
13	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	33	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	34	-
16	-	-	-	38	-	-	-	-	38	-
17	39	-	-	-	39	-	-	-	-	-
18	40	40	40	40	-	-	40	40	40	-
19	-	-	-	-	-	41	-	-	-	41
20	-	46	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	47	-	-	-	-	-
22	-	-	53	-	53	53	53	-	-	-
23	-	-	-	-	62	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	116	-	116	-	-	-
25	-	-	-	-	122	-	-	-	-	-
26	-	-	-	-	-	125	-	-	-	125
27	-	128	-	-	-	-	-	-	-	-
28	-	296	-	-	-	-	-	-	-	-
29	-	-	-	-	304	304	304	-	-	-
30	-	-	-	-	-	-	-	-	308	-
31	-	420	-	-	-	-	-	-	-	-
32	-	504	-	-	504	504	504	504	-	504
33	-	-	-	-	-	-	551	-	-	-
34	-	567	-	-	-	-	-	-	-	-
35	-	-	-	-	-	-	-	-	663	-
36	-	-	-	-	-	-	742	-	-	-
37	-	-	-	-	747	-	-	-	-	-
38	-	-	-	-	-	-	-	-	751	-
39	-	-	-	-	-	836	-	-	-	-
40	-	-	-	-	-	-	-	844	-	-
41	-	-	-	-	863	-	-	-	-	-

Frekuensi pribadi yang selalu muncul pada setiap titik A, titik B dan titik C adalah 40 Hz dan 53 Hz. Sedangkan modus global dengan frekuensi pribadi hanya muncul di satu titik, yaitu 504 Hz dititik B sedangkan 123 Hz, 304 Hz, dan 557 Hz di titik C.

Sedangkan frekuensi pribadi yang lain berkaitan dengan modus getar lokal, karena hanya muncul pada satu titik pengukuran.

Dengan metoda FRF kita akan mengetahui frekuensi pribadi permukaan pada *disc brake* dimana hanya muncul satu kali, sedangkan frekuensi global merupakan frekuensi yang terjadi di permukaan A akan muncul permukaan B, hal ini yang harus diperhatikan pada saat pengukuran karakteristik getaran ketika *disc brake* dioperasikan.

5. KESIMPULAN

Hasil pengujian karakteristik dinamik pada *disc brake* dengan menggunakan fungsi response fungsi, menunjukkan bahwa:

- Terdapat frekuensi pribadi yang muncul lebih dari satu titik pengukuran. Hal ini menunjukkan adanya modus getar global.
- Modus getar global terjadi pada frekuensi pribadi 40 Hz, 53 Hz, 62 Hz, 116 Hz, 123 Hz, 304 Hz, dan 557 Hz.

Atas dasar pengujian FRF tersebut, pengukuran getaran pada kendaraan Daihatsu Sigr 1200 CC, khususnya pada komponen *disc brake* pada saat terjadinya pengereman. Penelitian lanjutan ini, akan dilakukan untuk mengetahui karakteristik getaran akibat pengaruh perubahan run out pada disc brake, sebagai dasar dari monitoring vibration.

Tabel 2. Frekuensi pribadi hasil pengukuran FRF di titik B

Frek. Pribadi ke-	Titik									
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10
1	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-
3	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	17	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	26	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	39	-	-	-	-	-	-
8	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
9	-	-	46	-	-	-	-	-	-	-
10	47	-	-	-	47	-	-	-	47	-
11	52	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	53	-	53	53	53	53	53	53
13	-	-	-	-	-	-	-	-	57	-
14	-	-	62	-	-	62	-	-	62	-
15	116	-	116	-	-	116	116	116	116	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	121
17	-	-	-	-	123	-	-	-	-	-
18	-	-	124	-	-	-	-	-	-	-
19	125	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	175	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	252	-	-
22	-	-	-	-	-	254	-	-	-	-
23	-	-	258	-	-	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-	-	302	-	-	-
25	-	-	-	-	-	303	-	-	-	-
26	-	-	-	-	305	-	-	-	-	-
27	-	-	-	-	-	-	-	307	-	-
28	-	-	-	-	-	-	-	-	309	-
29	409	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	-	-	421	-	-	-	-	-	-	-
31	504	-	504	-	504	504	504	504	-	504
32	553	-	-	-	-	-	-	-	-	-
33	-	-	-	-	-	-	-	556	556	556
34	-	-	-	-	609	-	-	-	-	-
35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	648
36	-	-	690	-	-	-	-	-	-	-
37	-	-	-	-	-	-	700	-	-	-
38	-	-	-	-	-	711	-	-	-	-
39	-	-	-	-	-	-	-	-	753	-
40	-	-	-	-	-	-	-	786	-	-
41	-	-	-	-	830	-	-	-	-	-
42	-	-	-	-	-	-	832	-	-	-
43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	834
44	-	-	-	-	-	849	-	-	-	-

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih saya sampaikan kepada Bapak Kaprodi dan Koordinator TA Teknik Mesin Universitas Mercu Buana, serta Yulia, R. L., dan rekan – rekan instruktur Daihatsu Training Center, terutama kepada Bapak Aji

Prima Barus Nurcahya, Bapak Ruslan Adatok selaku Tool Man, Bapak Budhy Santoso sebagai Foreman teknisi Technical Service Division Workshop, Bapak Sudirman Suhaedi, Bapak Usman Rosyid Mashuri dan semua pihak yang tidak bias saya sebutkan namanya satu persatu.

Tabel 3. Frekuensi pribadi hasil pengukuran FRF di titik C

Frek. Pribadi ke-	Titik									
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
1	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
2	-	45	-	-	45	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	47	-	47
4	53	53	53	53	53	53	53	53	53	-
5	57	-	-	57	-	-	-	-	-	-
6	62	62	62	62	62	-	62	62	62	-
7	107	-	-	107	107	-	-	-	107	-
8	116	116	116	116	116	-	-	-	116	-
9	123	123	123	123	-	123	123	123	123	123
10	-	134	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	207
12	-	-	-	-	253	253	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	57	-
14	-	-	257	-	-	-	257	-	257	257
15	-	-	-	-	302	302	302	-	-	-
16	-	-	306	-	-	-	-	306	-	-
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	319
18	-	-	406	-	-	-	406	-	-	406
19	411	-	-	411	-	-	-	-	411	-
20	-	-	-	-	-	430	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	483
22	504	504	-	504	504	504	504	504	504	-
23	-	-	-	-	-	-	549	-	-	-
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	551
25	557	557	557	557	-	-	-	-	557	-
26	-	-	-	-	-	-	-	567	-	-
27	-	-	-	-	-	694	-	-	-	-
28	-	-	-	-	-	-	-	736	-	-
29	-	-	-	-	838	-	-	-	-	-
30	-	-	-	-	-	849	-	-	-	-
31	-	-	852	-	-	-	-	852	-	-

7. DAFTAR PUSTAKA

- Aniket B. Ghatwai, Prof. S.V. Chaitanya, Sandip B. Phadke., 2016. Frequency Response Function Measurements of Disc and Drum Brake With its Verification by CAE. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), Vol. 03 (05). p. 2223-2228.
- Bhadgaonkar, A. Singh, S. S. Jadhav, S. S. Jadhav., 2017. Vibrational Analysis of Disc Brake Rotor of a Two Wheeler to find the defect using FEA, 6th National Conference RDME 2017, 17th- 18th March 2017, p.1-6
- Broch, J.T., 1984. *Mechanical vibration and shock measurement*. Brüel & Kjær.
- Chen, L., Luo, Y., Bian, M., Qin, Z., Lou, L., and Li, K., 2017. *Estimation Of Tire Road Friction Coefficient Based On Frequency Domain Data Fusion*. Mechanical System And Signal Processing Vol. 85, pp. 177 - 192.
- Joo, B., Jang, H., Kim, Y., Lee, J. et al., 2018. *Incorporation of Friction Material Surface Inhomogeneity in Complex Eigenvalue Analysis to Improve the Accuracy of Brake Squeal Analysis*. SAE Technical Paper 2018-01-1873.
- Saha, P. 2017. *Mechanical Impedance Based Vibration Damping Test*. SAE Technical Paper.
- Subekti, 2018. Studying The Dynamic Characteristics To Lengthen The Operating Life For A Diesel Engine Using Frequency Response Function (FRF) Measurement. Sinergi Vol. 22, No. 3, October 2018 (Vol. 22 No. 3).
- Subekti, Hamid, A., dan Wahyudi, 2018. Identifying the nonlinearity of structures dynamic by wavelet packet decomposition., Material science and engineering. e-ISSN: 1757-899x