

Simulasi Peredaman Getaran Mesin Rotasi Menggunakan *Dynamic Vibration Absorber* (DVA)

Yudhkarisma Fitri, dan Yerri Susatio

Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

e-mail: ysus@ep.its.ac.id

Abstrak—Suatu mesin jika mendapatkan gangguan maka akan menghasilkan getaran. Pada mesin rotasi gangguan tersebut ditimbulkan dari rotornya. Untuk meredam getaran ini digunakan peredam *dynamic vibration absorber* (DVA). *Dynamic vibration absorber* (DVA) adalah sebuah peredam getaran dinamik yang bergerak secara bersama-sama dengan sistem utama guna membantu meredam getaran yang terjadi pada sistem utama tersebut. Dalam tugas akhir ini penggunaan DVA dipasang dengan posisi tergantung dibawah sistem utama kemudian dibuat pemodelan matematisnya. Mensimulasikan sistem ini yaitu dengan memvariasikan nilai pegas, damper dan massa pada DVA. Sementara nilai pegas dan damper pada sistem utama sudah ditentukan berturut-turut yaitu 35000 N/m dan 2700 Ns/m. Dari hasil simulasi didapatkan nilai parameter DVA terbaik yang mampu meredam getaran mesin rotasi ini yaitu pegas 10000 N/m, damper 2000 Ns/m dan massa 783,845 kg. DVA ini mampu meredam getaran sebesar 16,6% untuk *max overshoot* dan 65,5% untuk *min overshoot*.

Kata Kunci—DVA, Getaran, Mesin Rotasi.

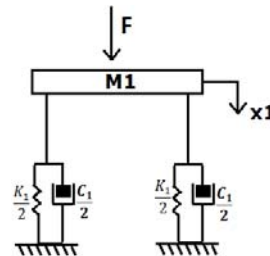
I. PENDAHULUAN

Suatu mesin jika mendapatkan gangguan maka akan menghasilkan getaran, terlebih jika getaran yang ditimbulkan secara berlebihan karena frekuensi operasinya mendekati atau bahkan sama dengan salah satu frekuensi pribadinya atau biasa disebut frekuensi natural dari sistem tersebut [1]. Dan bila hal ini terjadi maka amplitudo getaran akan semakin bertambah besar sehingga inilah yang menyebabkan semakin besarnya getaran pada sistem tersebut. Pada Tugas Akhir dengan judul “Simulasi peredaman getaran mesin rotasi menggunakan *Dynamic Vibration Absorber* (DVA)”. Penulis akan membuat permasalahan diatas tadi ke dalam bentuk simulasi sehingga dengan adanya simulasi ini akan memudahkan pemecahan permasalahan getaran mesin rotasi tersebut sebelum diterapkan pada dunia nyata. Oleh karena itu, dilakukanlah analisa dengan menggunakan *dynamic vibration absorber* (DVA) pada mesin rotasi. Analisa ini dilakukan membuat simulasi peredaman getaran pada mesin rotasi guna mereduksi getaran.

II. METODE PENELITIAN

A. Perancangan Sistem Mesin Rotasi Tanpa DVA

Pemodelan matematis untuk mesin rotasi ini ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar. 1. Pemodelan mesin rotasi tanpa DVA

Sistem mesin rotasi tanpa DVA diatas terdiri dari massa mesin rotasi (M1) serta pegas (K1) dan damper (C1) serta gaya pengganggu yang berupa getaran dari rotornya. Gaya eksentrisitas dari rotor tersebut dinyatakan dengan *e*. Kecepatan sudut mesin yang berputar dinyatakan oleh ω . Karena komponen vertikal gaya sentrifugal mempengaruhi gerakan mesin, maka gaya eksitasi atau gaya pengganggunya dinyatakan dengan rumus [2]:

$$F(t) = \frac{me\omega^2}{M1} \sin \omega t \tag{1}$$

Dari gambar diatas persamaan matematis dari mesin rotasi dengan satu derajat kebebasan adalah sebagai berikut:

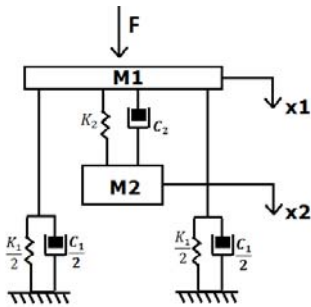
$$M1 \cdot \frac{d^2}{dt^2}x1(t) + 2 \cdot \left(\frac{C1}{2} \cdot \frac{d}{dt}x1(t) \right) + 2 \cdot \left(\frac{K1}{2} \cdot x1(t) \right) = F(t) \tag{2}$$

Tabel 1.
Nilai parameter pegas dan damper sistem utama

Komponen	Nilai Parameter
Konstanta Pegas (K1)	35000 N/m
Konstanta Damper (C1)	2700 Ns/m

B. Perancangan Sistem Mesin Rotasi dengan Tambahan DVA

Pemodelan matematis untuk sistem mesin rotasi dengan tambahan DVA ditunjukkan pada gambar di bawah ini :



Gambar. 2. Model matematis mesin rotasi dengan tambahan DVA

Pada sistem diatas yang dinamakan peredam DVA adalah massa M2, pegas K2 dan damper C2 yang diletakkan menggantung. Dimana tujuan sistem diatas yang ingin diredam adalah massa M1 dengan menggunakan peredam DVA yang dipasang tergantung dibawahnya.

Persamaan gerak ditinjau dari M1 ditunjukkan pada persamaan dibawah ini:

$$M1 \cdot \frac{d^2}{dt^2}x1(t) + C2 \left(\frac{d}{dt}x1(t) - \frac{d}{dt}x2(t) \right) + K2 \cdot (x1(t) - x2(t)) + 2 \cdot \left(\frac{C1}{2} \frac{d}{dt}x1(t) \right) + 2 \cdot \left(\frac{K1}{2} \cdot x1(t) \right) = F(t) \tag{3}$$

Sedangkan persamaan gerak ditinjau dari M2 yang berarti massa DVAny ditunjukkan pada persamaan 3 berikut:

$$M2 \cdot \frac{d^2}{dt^2}x2(t) + C2 \cdot \left(\frac{d}{dt}x2(t) - \frac{d}{dt}x1(t) \right) + K2 \cdot (x2(t) - x1(t)) = 0 \tag{4}$$

C. Data Mesin

Data-data dari mesin tersebut yang dicantumkan hanya yang yang diperlukan dalam pengerjaan tugas akhir ini.

- Model Mesin : Mitsubishi S6K
- Berat Mesin : 1100 Kg
- Berat Alternator (Casing + Rotor) : 467,69 Kg
- Berat Total (Mesin + Alternator) : 1567,69 kg
- Berat rotor : 337 kg
- Speed Operation : 1500 rpm
- Critical Speed : 1376 rpm

Dari data mesin diatas beberapa akan diberikan nama parameter untuk memudahkan dalam pengolahan rumus. Data parameter model mesin diatas ditunjukkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 2. Data Parameter Mesin

Definisi	Parameter	Nilai
Berat mesin	M1	1567,69 kg
Berat rotor	m	337 kg
Operation Speed	ω	1500 rpm (157,08 rad/sec)
Critical Speed	ω_c	1376 rpm

Perlu dicatat bahwa nilai eksentrisitas yang dikarenakan ketidakseimbangan massa (*massa unbalanced*) itu biasanya tidak tersedia dari produsen, tetapi ada beberapa studi yang dilakukan pada tahun 1962 yang memperkenalkan beberapa nilai eksentrisitas, seperti yang ditunjukkan pada tabel dibawah ini [3,4] :

Tabel 3. Data Eksentrisitas

Operating Speed (rpm)	Eksentrisitas (mm)
750	0.356 - 0.812
1500	0.203
3000	0.051

Persamaan untuk mencari nilai eksentrisitas dari rotor jugadapatdirumuskansebagai berikut (El-Reedy, 2011 dan O'Neill, 1979) :

$$e = \frac{e'}{\left| 1 - \left(\frac{\omega}{\omega_c} \right)^2 \right|} \tag{5}$$

Dimana :

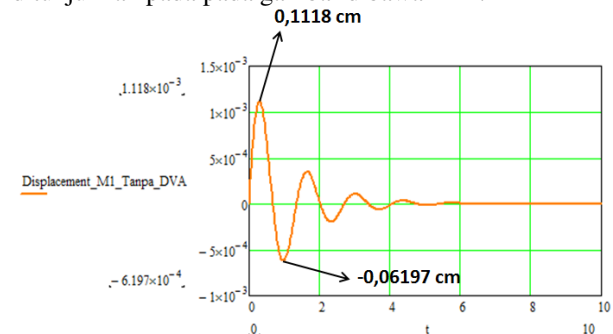
- e' eksentrisitas dari massa unbalanced,
- $e' = 0,0015$ in (0,0381 mm) (nilai ini ketentuan pabrik saat kondisi statis)

Dengan demikian gaya eksitasi atau gaya penggunggunya yang sayadapatkanadalah sebesar $F(t) = 1,0729 \sin 157,08 t$ (Persamaan 1).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Respon Mesin Rotasi Tanpa DVA

Adapun hasil grafik sistem mesin rotasi tanpa DVA ditunjukkan pada pada gambar dibawah ini :



Gambar. 3. Respon sistem rotasi tanpa DVA

Gambar 3 menunjukkan hasil respon sistem mesin rotasi sebelum ada tambahan DVA. Terlihat bahwa saat terjadi overshoot didapat nilai maksimal overshoot (*max overshoot*) adalah $1,118 \times 10^{-3}$ m atau 0,1118cm dan minimal overshoot (*min overshoot*) adalah $-6,197 \times 10^{-4}$ m atau -0,06197cm. Waktu yang diperlukan sampai sistem ini stabil yaitu 6 sekon. Selanjutnya hasil grafik ini yang akan dibandingkan dengan grafik sistem dengan tambahan DVA. Adapun tabel hasil respon grafik tanpa DVA diatas adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Respon sistem mesin rotasi tanpa DVA

Parameter	Displacement
Max overshoot	0,1118cm
Min overshoot	0,06197 cm
Settling time	6 s

B. Respon Sistem Mesin Rotasi Dengan Tambahan DVA

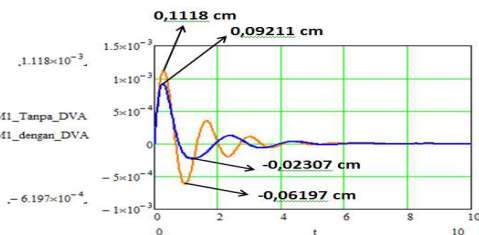
Mengenai grafik respon sistem dengan tambahan DVA ini akan divariasi berdasarkan pegas (K2), damper (C2) dan massa DVA (M2) guna mendapatkan hasil grafik dengan kombinasi nilai yang terbaik. Dari kombinasi variabel

pegas, damper dan massa ini diharapkan mampu mereduksi getaran sebelum diberi tambahan DVA.

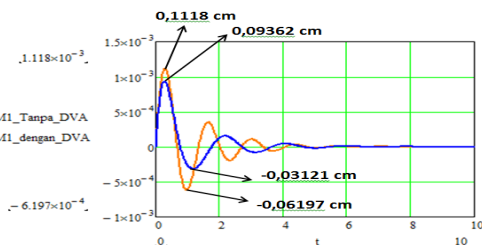
Tabel 4.
Variasi massa M2

Parameter		Massa (M2) (kg)
Pegas K2 (N/m)	Damper C2 (Ns/m)	
11400	2200	783,845
11400	2200	627,076
11400	2200	470,307
11400	2200	313,538
11400	2200	156,769

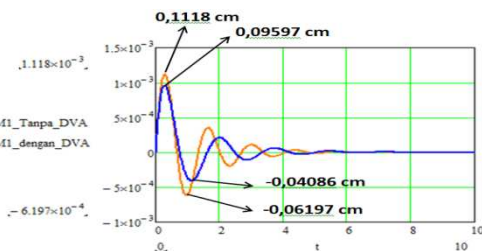
Adapun respon grafik untuk masing-masing variasi massa ditunjukkan pada gambar dibawah ini :



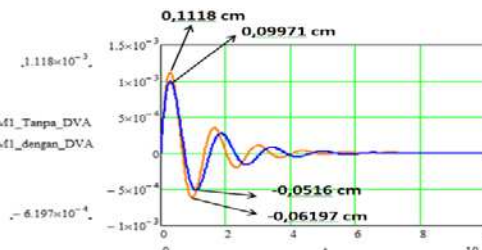
Gambar. 4. Respon Grafik untuk M2 = 783,845 kg



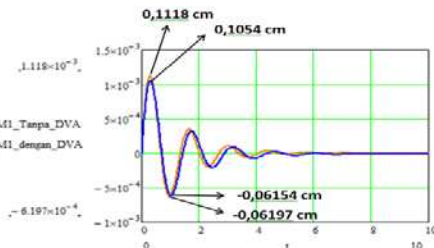
Gambar. 5. Respon Grafik untuk M2 = 627,076 kg



Gambar. 6. Respon Grafik untuk M2 = 470,307 kg



Gambar. 7. Respon Grafik untuk M2 = 313,538 kg



Gambar .8. Respon Grafik untuk M2 = 156,769 kg

Untuk lebih jelasnya dari keseluruhan grafik variasi M2 pada gambar diatas akan dijabarkan mengenai perbandingan overshoot tanpa DVA dan dengan tambahan DVA dalam bentuk tabel dibawah ini:

Tabel 5.

Presentase redaman untuk variasi massa DVA (M2)

Massa M2 (Kg)		Tanpa DVA	Dengan Tambahan DVA	Redaman
		Displacement (cm)	Displacement (cm)	
783,845	Max overshoot	0,1118	0,09211	17,6 %
	Min overshoot	-0,06197	-0,02307	62,8 %
627,076	Max overshoot	0,1118	0,09362	16,3 %
	Min overshoot	-0,06197	-0,03121	49,6 %
470,307	Max overshoot	0,1118	0,09597	14,2 %
	Min overshoot	-0,06197	-0,04086	34,1 %
313,538	Max overshoot	0,1118	0,09971	10,8 %
	Min overshoot	-0,06197	-0,0516	16,7 %
156,769	Max overshoot	0,1118	0,1054	5,7 %
	Min overshoot	-0,06197	-0,06154	0,69 %

Berdasarkan tabel prosentase 5 diatas bahwa setiap penurunan jumlah massa M2 maka maxovershoot maupun minovershoot akan semakin kecil begitupun sebaliknya semakin besar jumlah massa M2 maka maxovershoot maupun minovershoot akan semakin besar. Saat variasi massa M2 sebesar 783,845 kg maka displacement yang diperoleh adalah maxovershoot 0,1118cm dan minovershoot 0,09211cm sehingga terjadi redaman maxovershoot sebesar 17,6% dan minovershoot sebesar 62,8%. Sedangkan saat variasi sebesar 156,769 kg diperoleh nilai maxovershoot sebesar 5,7% dan minovershoot sebesar 0,69%. Sehingga prosentasi redaman terbesar adalah dengan variasi massa 783,845 kg karena mampu meredam maksimal sebesar 17,6% untuk maxovershoot dan 62,8% untuk minovershoot seperti ditunjukkan pada tabel 5.

Dengan demikian menyangkut variasi massa DVA (M2) disimpulkan bahwa syarat agar DVA mampu mereduksi getaran adalah dengan memperbesar atau menambah nilai massa DVA yaitu M2. Nilai massa DVA terbaik yaitu 783,845 kg karena dari tabel 5 diatas massa 783,845 kg ini mampu mereduksi amplitudo displacement atau overshoot massa M1.

Selanjutnya dengan massa DVA 783,845 kg maka akan divariasikan konstanta pegas DVA (K2), seperti ditunjukkan pada tabel 6 dibawah ini :

Tabel 6.
Prosentasi redaman untuk variasi pegas DVA (K2)

Konstanta Pegas K2 (N/m)		Tanpa DVA	Dengan Tambahan DVA	Redaman
		Displacement (cm)	Displacement (cm)	
5000	Max overshoot	0,1118	0,1	10,6 %
	Min overshoot	-0,06197	-0,03229	47,9 %
10000	Max overshoot	0,1118	0,09663	13,6 %
	Min overshoot	-0,06197	-0,01974	68,2 %
15000	Max overshoot	0,1118	0,09382	16,1 %
	Min overshoot	-0,06197	-0,03396	45,2 %
20000	Max overshoot	0,1118	0,09123	18,4 %
	Min overshoot	-0,06197	-0,0461	25,7 %
25000	Max overshoot	0,1118	0,08883	20,6 %
	Min overshoot	-0,06197	-0,05373	13,3 %
30000	Max overshoot	0,1118	0,08672	22,5 %
	Min overshoot	-0,06197	-0,05781	6,8 %
35000	Max overshoot	0,1118	0,08487	24,1 %
	Min overshoot	-0,06197	-0,05948	4,1 %
40000	Max overshoot	0,1118	0,08315	25,7 %
	Min overshoot	-0,06197	-0,05945	4,1 %
45000	Max overshoot	0,1118	0,08165	26,9 %
	Min overshoot	-0,06197	-0,05811	6,3 %
50000	Max overshoot	0,1118	0,08011	28,4 %
	Min overshoot	-0,06197	-0,05588	9,9 %
55000	Max overshoot	0,1118	0,07882	29,5 %
	Min overshoot	-0,06197	-0,05331	13,9 %
60000	Max overshoot	0,1118	0,07761	30,6 %
	Min overshoot	-0,06197	-0,05134	17,2 %
65000	Max overshoot	0,1118	0,07649	31,6 %
	Min overshoot	-0,06197	-0,05255	15,2 %
70000	Max overshoot	0,1118	0,07909	29,3 %
	Min overshoot	-0,06197	-0,05496	11,3 %

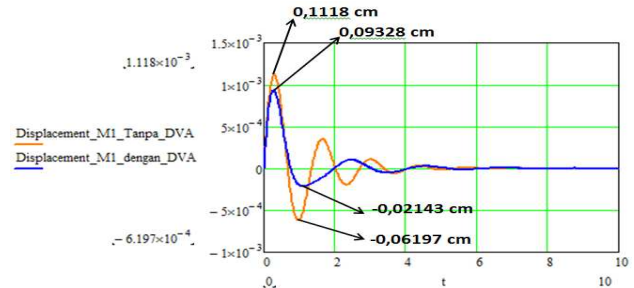
Dari tabel 6 diatas merupakan tabel perbandingan prosentase redaman tiap variasi konstanta pegas DVA yakni K2. Setiap penambahan nilai konstanta pegas DVA K2 mulai dari 5000 N/m ini berhasil mereduksi *Maxovershoot*nya tetapi saat pegas K2 terus diperbesar hingga 65000 N/m maka DVA ini berhenti mereduksi dan ketika diperbesar lagi menjadi 70000 N/m dan seterusnya maka *maxovershoot*nya kembali meningkat sehingga prosentase redamannya pun kembali mengecil atau dengan kata lain tidak mampu meredam lagi, ini menunjukkan bahwa variasi pegas K2 ini maksimal mampu mereduksi displacement atau *maxovershoot* dengan nominal 65000 N/m, lebih dari itu DVA tidak mampu mereduksi lagi. Pemilihan nilai pegas terbaik yang dapat meredam adalah rentang nilai kurang dari 70000N/m atau nilai pegas 5000N/m sampai 65000N/m. Selanjutnya simulasikan kembali dengan nilai konstanta damper (C2) yang berbeda-beda sehingga diperoleh lah nilai K2 yang terbaik dengan pasangan damper C2 yang terbaik pula.

Selanjutnya memvariasikan damper DVA (C2). Ada banyak kombinasi parameter damper C2 ini namun dalam simulasi respon grafik DVA berikut ini hanya ditampilkan respon terbaik dari banyak kombinasi parameter tersebut. Dari keseluruhan simulasi didapatkan nilai pegas K2 dan damper C2 yang terbaik seperti ditunjukkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 7.
Parameter pegas K2 dan damper C2 terbaik

Komponen	Parameter
Damper (C2)	2000 N s/m
Pegas (K2)	10000 N/m

Adapun hasil respon grafik dengan parameter pegas dan damper terbaik diatas ditunjukkan pada gambar dibawah ini:



Gambar. 9. Respon grafik dengan parameter DVA terbaik

Gambar 9 diatas merupakan respon grafik M1 dengan parameter DVA yang terbaik. Terlihat dari grafik bahwa displacement M1 dengan tambahan DVA memiliki *maxovershoot* dan *minovershoot* yang lebih kecil dibandingkan dengan displacement M1 tanpa DVA. Untuk lebih jelasnya berikut ini akan tabel prosentase redaman pada *maxovershoot* dan *minovershoot* yang berhasil direduksi oleh DVA.

Tabel 8.
Prosentase redaman dengan DVA terbaik

Parameter	Tanpa DVA	Dengan Tambahan DVA	Redaman
Max Overshoot	0,1118 cm	0,09328 cm	16,6 %
Min Overshoot	-0,06197 cm	-0,02143	65,5 %

Tabel 8 ini merupakan prosentase redaman *maxovershoot* dan *minovershoot* DVA dengan nilai terbaik terhadap sistem tanpa DVA. Dari tabel terlihat bahwa DVA ini mampu mereduksi *maxovershoot* dan *minovershoot*nya, ini terlihat dari pengurangan nilai dari 0,1118 cm menuju 0,09328 cm sehingga dari nilai ini *maxovershoot*nya terjadi pengurangan sebesar 0,01852 cm sedangkan untuk *minovershoot*nya setelah diberi tambahan DVA memiliki pengurangan *minovershoot* sebesar 0,04054 cm. ini menunjukkan bahwa DVA ini mampu meredam displacement yakni *maxovershoot* dan *minovershoot*nya.

Dari tabel 8 ini prosentase redaman diperoleh dengan membandingkan overshoot tanpa DVA dengan overshoot setelah penambahan DVA. Terlihat dari grafik bahwa DVA yang digunakan hanya mampu meredam atau mereduksi getaran sebesar 16,6 % untuk *maxovershoot* dan 65,5% untuk *minovershoot*. Jadi DVA ini lebih besar mereduksi *minovershoot*nya. Dengan demikian sistem mesin rotasi ini mampu direduksi getarannya setelah penambahan DVA. Sehingga keseluruhan variasi diperoleh nilai parameter DVA yang terbaik untuk meredam getaran mesin rotasi ini yaitu massa M2 sebesar 783.845 kg, pegas K2 sebesar 10000 N/m dan damper C2 sebesar 2000 N s/m.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi yang didapatkan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Dengan teknik simulasi ini dapat digunakan untuk menentukan nilai parameter DVA yang terbaik. Dengan teknik ini diperoleh hasil bahwa untuk setiap variasi data mesin rotasi yang berbeda maka akan diperoleh parameter DVA yang berbeda pula.
2. Nilai parameter dynamic vibration absorber (DVA) yang terbaik untuk meredam getaran mesin rotasi ini yakni M2, K2 dan C2 berturut-turut adalah 783,845 Kg, 10000 N/m dan 2000 N s/m.
3. Peredam getaran atau DVA yang digunakan ini mampu meredam getaran atau mereduksi *displacement* mesin rotasi sebesar 16,6 % untuk *max overshoot* dan 65,5 % untuk *min overshoot*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih pada Bapak Yerri Susatio yang telah memberikan bimbingan dalam pelaksanaan tugas akhir penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Seto, William W. 1997. "Teori dan Soal-Soal Getaran Mekanis". Erlangga. Jakarta.
- [2] Ogata, Katsuhiko. 2004. "System Dynamics, 4th ed". Upper Saddle River, Nj: Prentice Hall.
- [3] El-Reedy, Mohammed A. 2011. "Construction Management and Design of Industrial Concrete and Steel Structures". CRC Press Taylor & Francis Group. New York.
- [4] O'Neill M., Arya S., Pincus G. 1979. "Design of Structures and Foundations for Vibrating Machines". Gulf Publishing Company Book Division. Houston, Texas.