PENGARUH PENAMBAHAN MASA dDVA (*DUAL DYNAMIC VIBRATION ABSORBER*) UNTUK MEREDAM GETARAN TRANSLASI DAN ROTASI PADA *BEAM*

Novi Indah Riani[1], Susastro[2]

Prodi Teknik Mesin Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Fakultas Teknologi Industri-ITATS [1], Prodi DIII Teknik Mesin Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro[2]
e-mail: noviindahriani@itats.ac.id[1], susastro@live.undip.ac.id[2]

ABSTRACT

Translation DVA is a type of additional mass used to reduce the vibration of the translational direction. There has been little research related to the use of translational DVA to reduce rotational vibration as well as translation. In this study conducted research related to the use of double translational DVA (dDVA) to reduce the vibration of translation as well as rotation of the beam. The study was conducted by conducting literature study first, then modeling the system obtained into the mathematical equations and simulation to determine the characteristics of the vibrations that arise. In the simulation one of the DVA periods is placed at the center of the main system period, while another DVA mass is given a change between the center of the time to the end of the system. The result of the research shows that the maximum translation translation reduction is 95.51% and occurs when the absorber period is placed at the center of time of the system, while the reduction of the rotation of the maskimal rotation is 56.62% and is obtained when the system is given a period with an arm ratio of 1 and zero. The results of the study also show that the most effective use of dDVA actually occurs when the system is given the absorber mass at the center and the end of the system, so that the reduced translation vibration is 92.29% and the rotation is 56.62%.

Keyword: *dual dynamic vibration absorber, vibration, modeling, DVA, vibration reduction*

ABSTRAK

Translation DVA merupakan jenis masa tambahan yang digunakan untuk mereduksi getaran arah translasi. Selama ini tidak banyak penelitian terkait penggunaan translasional DVA untuk mereduksi getaran rotasi sekaligus translasi. Dalam penelitian ini dilakukan penelitian terkait penggunaan double translasional DVA (dDVA) untuk mereduksi getaran translasi sekaligus rotasi dari *beam*. Penelitian dilakukan dengan melakukan studi literatur terlebih dahulu, kemudian memodelkan sistem yang diperoleh kedalam persamaan matematika dan dilakukan simulasi untuk mengetahui karakteristik getaran yang timbul. Dalam simulasi salah satu dari masa DVA diletakkan pada pusat masa sistem utama, sedangkan satu masa DVA yang lainnya diberikan perubahan antara pusat masa hingga ujung dari sistem. Dari hasil penelitian ditunjukan bahwa pengurangan getaran translasi yang maksimal adalah sebesar 95,51% dan terjadi saat masa *absorber* diletakkan pada pusat masa dari sistem, sedangkan pengurangan getaran rotasi maskimal adalah sebesar 56,62 % dan diperoleh saat sistem diberikan masa dengan rasio lengan 1 dan nol. Dari hasil penelitian juga ditunjukan bahwa penggunaan dDVA paling efektif justru terjadi saat sistem diberikan masa *absorber* pada pusat masa dan bagian ujung dari sistem, sehingga diperoleh pengurangan getaran translasi sebesar 92,29% dan rotasi sebesar 56,62%.

Kata kunci: double dynamic vibration absorber, vibration, modeling

PENDAHULUAN

Sebuah sistem seperti kendaraan yang mengalami getaran yang berlebihan tentu akan mengurangi tingkat kenyamanan dari pengguna [1]. Terlebih jika sistem mengalami resonansi yang justru dapat membuat umur kendaraan menjadi lebih cepat berkurang. Salah satu cara mengurangi getaran adalah dengan menabahkan *dynamic vibration absorber* (DVA). Pada dasarnya DVA merupakan pegas dan masa tambahan yang diberikan pada sistem untuk mengurangi getaran resonansi dari sistem. Terdapat dua jenis DVA, yaitu translasional DVA

yang digunakan untuk mengurangi getaran translasi [2] dan rotasional DVA yang digunakan untuk mengurangi getaran rotasi [3].

Dalam banyak kasus getaran pada kendaraan merupakan gabungan dari getaran translasi dan rotasi secara bersama-sama, sehingga untuk meredam kedua jenis getaran tersebut maka diperlukan dua jenis DVA. Untuk mengetahui efek penggunaan translasional DVA dalam meredam dua jenis getaran diatas maka dilakukanlah penelitian terkait penggunaan sebuah DVA dalam meredam getaran translasi dan rotasi secara sekaligus[4], [5]. Hasil penelitian menunjukan bahwa penggunaan sebuah DVA pada pusat masa sistem mampu meredam getaran translasi secara optimal, sedangkan penggunaan sebuah masa DVA pada ujung dari sistem mampu meredam getaran rotasional. Untuk dapat meredam getaran dengan baik lagi maka diberikan dua buah masa translasional DVA (dDVA) [6], namun lengan momen yang diberikan pada sistem adalah sama besar, sehingga tidak diketahui bagaimanakah efek dari pemberian dDVA dengan lengan momen yang berbeda pada kedua masa tambahannya.

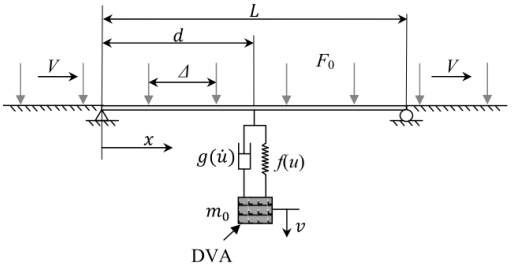
Dalam penelitian ini dilakukan pemodelan dan proses pengurangan getaran arah translasi serta rotasi pada sistem yang memiliki dua derajat kebebasan pada chasis kendaraan. untuk mempermudah proses pemodelan, maka chasis dari kendaraan dimodelkan sebagai beam dengan diberikan cantilever pada kedua sisinya sebagai pengganti pegas-peredam sebagaimana dalam penelitian terdahulu. Proses pengurangan getaran dilakukan dengan menambahkan dua buah masa dDVA (*dual dynamic vibration absorber*) pada kedua sisi dari sistem utama.

TINJAUAN PUSTAKA

Dynamic Vibration Absorber

Sebuah sistem dapat mengalami getaran yang berlebihan jika frekuensi eksitasi yang bekerja padanya mendekati frekuensi natural dari sistem tersebut. Pada beberapa kasus getaran pada sebuah sistem dapat dikurangi dengan memasangkan dynamic vibration absorber yang terdiri atas masa yang dihubungkan dengan pegas-peredam. Dynamic vibration absorber didesain untuk menjauhkan frekuensi natural sistem dari frekuensi operasi dari sistem.

Penggunaan DVA pada Beam



Gambar 1. *Beam* dengan rangkaian beban berjalan [2]

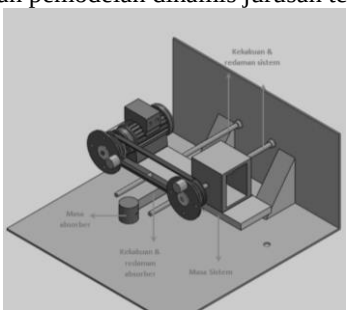
Meskipun model dasar dari *dynamic vibration absorber* diperuntukkan bagi sistem dengan massa terpusat, tetapi hal ini ternyata juga dapat digunakan pada sistem struktur *beam* sebagaimana dalam penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Sebuah struktur jembatan bisa saja mengalami beban dinamis, sebagai contoh adalah ketika jembatan dilewati oleh kendaraan yang sedang melaju dengan kecepatan tertentu. karena adanya eksitasi berupa kendaraan yang melaju tersebut maka akan timbul lendutan dari *beam*, sehingga timbulah getaran pada *beam* tersebut. Berdasarkan kondisi ini, pemodelan dilakukan terhadap sebuah jembatan sebagai batang *beam* yang sedang mengalami getaran [7]. Kendaraan yang sedang melaju dimodelkan sebagai beban terdistribusi yang bergerak dengan kecepatan tertentu dan melintasi

pada bagian atas dari *beam*. Untuk mengurangi getaran yang terjadi, pada jarak tertentu dari ujung *beam* diberikan *dynamic vibration absorber*.

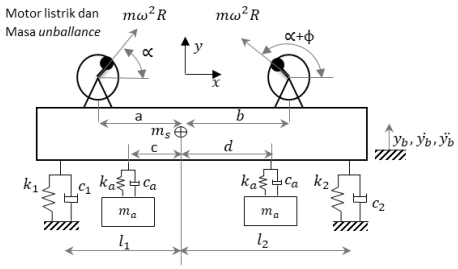
METODE

Penurunan Persamaan Gerak

Gambar 2 (a) berikut ini merupakan prototype DVA dengan dua derajat kebebasan yang ada pada laboratorium vibrasi dan pemodelan dinamis jurusan teknik mesin ITS.



(a)



(b)

Gambar 2. Bentuk fisik prototype uji DVA dan Penyederhanaan modelnya

Keterangan:

m : masa unbalance (kg)
m_a : masa absorber (kg)
m_m : masa motor (kg)
m_p : masa piringan disc (kg)
m_{kp} : masa kotak pemberat (kg)
m_b : masa balok *beam* (kg)
R : jari-jari rotasi dari masa unbalance (m)
K_1 : kekakuan cantilever 1 (N/m)
b : CG balok *beam* – Kotak pemberat (m)
ω : kecepatan putaran motor (rad/s)
d : CG balok *beam* – masa absorber 2 (m)
K_2 : kekakuan cantilever 2 (N/m)
K_a : kekakuan cantilever *absorber* (N/m)
C_1 : redaman cantilever 1 (N.s/m)
C_2 : redaman cantilever 2 (N.s/m)
C_a : redaman cantilever *absorber* (N.s/m)
L_1 : Cantilever 1 – CG balok *beam* (m)
L_2 : Cantilever 2 – CG balok *beam* (m)
a : CG balok *beam* - motor listrik (m)
c : CG balok *beam* – masa absorber 1 (m)
L : Panjang total balok beam (0,53 meter)

Dari prototype yang ada kemudian dilakukan penyederhanaan model sebagaimana gambar 2 (b) dan dibuat diagram benda bebas untuk menurunkan persamaan gerak sistem berdasarkan hukum Newton. Dalam penelitian ini diperoleh empat persamaan gerak yang diperoleh dari sistem utama dan masa absorber, yaitu translasi dari absorber 1 (Y_{a1}), translasi dari absorber 1 (Y_{a1}), translasi vertikal dari sistem utama (Y_s) dan rotasi dari sistem utama (θ). Dari

persamaan gerak yang diperoleh kemudian diturunkan persamaan *state variable* yang kemudian digunakan untuk membangun blok diagram *Simulink*.

Dengan mengasumsikan gaya arah horizontal (sumbu X) memiliki pengaruh yang kecil, maka inputan eksitasi yang digunakan dalam simulasi merupakan fungsi sinsoidal. Berikut ini merupakan input yang berasal dari motor.

Parameter Simulasi

Nilai parameter yang digunakan dalam simulasi merupakan parameter yang berasal dari penelitian terdahulu. Berdasarkan studi literatur tersebut diperoleh parameter simulasi sebagaimana berikut:

m_s	: 13,88 Kg	k_1	: 38.800 N/m	a	: 0,06 meter
m_m	: 5 Kg	k_2	: 38.800 N/m	c	: 0,06 meter
m_{kp}	: 5 Kg	c_1	: 49,7 N.s/m	l_1	: 0,145 meter
m	: 0,14 Kg	c_2	: 49,7 N.s/m	l_2	: 0,145 meter
m_b	: 3,88 Kg	c_a	: 1,75 N.s/m	R	: 0,045 meter
I	: 0,401 Kg.m^2			L	: 0,530 Meter

Dalam penelitian ini besar kedua masa absorber adalah sama besar, yaitu sebesar 1/40 dari masa total sistem. Dengan demikian maka kekakuan absorber yang digunakan masing-masing juga sebesar 1/40 dari kekakuan total sistem.

Simulasi

Semua parameter dan persamaan state variable yang ada kemudian dilakukan simulasi dengan menggunakan mathlab. Simulasi dilakukan untuk mengetahui besar respon getaran yang terjadi baik sebelum maupun setelah pemberian *double dynamic vibration absorber* pada semua arah derajat kebebasan.

Untuk mengetahui letak frekuensi natural sistem maka diberikan perubahan frekuensi pada sistem, adapun besar frekuensi yang diberikan adalah pada range 0 Hz hingga 30 Hz yang merupakan daerah frekuensi rentan kerja dari motor listrik. Dalam simulasi salah satu masa absorber diletakkan pada pusat masa dari sistem utama. Sedangkan masa absorber yang lain diberikan perubahan posisi, yang mana terletak pada pusat masa dari sistem utama (lengan momen $c = 0$) hingga ujung dari sistem utama (lengan momen $c = 0{,}256$).

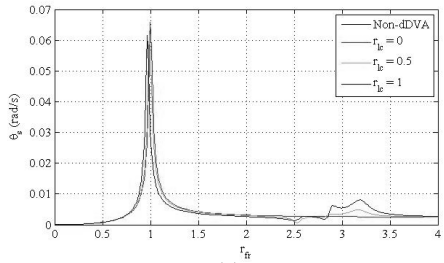
HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan posisi masa absorber

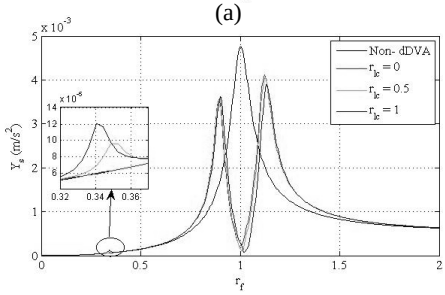
Dalam sub subab kali ini dibahas pengaruh pemberian perubahan posisi dari masa absorber pertama tanpa merubah posisi dari masa absorber yang kedua. Adapun masa absorber kedua diletakkan tepat pada pusat masa dari sistem utama($r_1 = 0$). Sedangkan untuk masa absorber pertama diletakan pada ujung sistem ($r_1 = 1$), tepat pada pusat masa sistem ($r_1 = 0$), dan berada diantara pusat masa sistem dengan ujung sistem ($r_1 = 0{,}5$). Dari kedua grafik ditunjukan bahwa hanya terjadi satu kali resonansi baik pada getaran arah translasi maupun arah rotasi. Adapun kedua resonansi ini terjadi pada frekuensi natural yang berbeda. Perbedaan letak frekuensi natural yang terjadi antara getaran translasi dan rotasi ini terjadi karena tidak terkopelnya antara getaran arah translasi dan rotasi dari sistem. Adapun besar resonansi yang terjadi pada getaran translsi adalah sebesar 0,004 m, sedangkan besar resonansi yang terjadi pada getaran arah rotasi adalah sebesar 0,06593 rad/s^2.

Dengan memberikan dua buah masa absorber pada pusat masa dari sistem ($r_1 = 0$) kita bisa melihat bahwa jumlah, letak dan besar dari resonansi yang terjadi pada getaran arah rotasi cenderung identik dengan kondisi tanpa *dDVA*. Hal ini mengartikan bahwa penambahan dDVA pada pusat masa sistem utama tidak memberikan pengurangan besar getaran arah rotasi. Namun demikian pemberian dDVA pada pusat masa sistem ini cenderung memberikan perubahan yang segnifikan pada getaran arah translasi. Pada gambar 3 (b) kita bisa melihat bahwa pada $r_f = 1$

telah antiresonansi yang membuat nilai RMS displacement mencapai titik terendah yaitu sebesar 0,000213 m. Adanya antiresonansi ini dikarenakan kedua masa absorber memiliki frekuensi yang sama dengan sistem utama namun dengan perbedaan fasa sebesar 180^{O}. Adanya kedua hal tersebut mengakibatkan terjadinya interferensi saling mentiadakan antara masa absorber dengan sistem utama, sehingga berakibat pada timbulnya antiresonansi pada $r_f = 1$.



(a)



(b)

Gambar 3 grafik RMS getaran sistem utama dengan $\eta_{ld} = 0$ untuk arah (a) translasi dan (b) rotasi

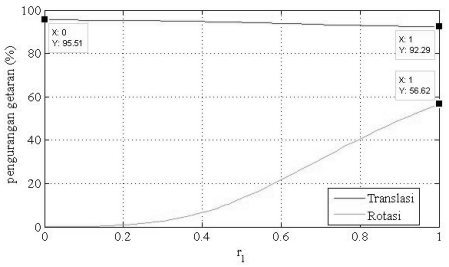
Adanya perubahan perubahan posisi absorber pertama berakibat pada terkopelnya getaran translasi dan rotasi, sehingga jumlah resonansi yang terjadi pada dua arah derajat kebebasan sistem utama ini menjadi sama dan masing-masing terjadi pada frekuensi yang sama. Secara fisik keterkaitan dari kedua derajat kebebasan ini dapat kita lihat dari grafik, yang mana terjadi pertambahan jumlah resonansi dari dua buah menjadi tiga buah pada gambar 3 (a). Sedang pada gambar 3 (b) juga terjadi pertambahan jumlah resonansi dari satu buah menjadi tiga buah. Resonansi pertama pada gerak translasi merupakan hasil kontribusi dari resonansi pertama pada gerak rotasi, sedagkan resonansi kedua dan ketiga dari gerak rotasi merupakan kontrinusi dari getran arah translasi.

Secara garis besar terdapat beberapa perubahan nilai RMS *displacement* yang nampak karena perubahan nilai lengan momen c (η_{lc}) yang diberikan, adapun diantaranya adalah seperti: berubahnya nilai RMS *displacement* saat terjadi *antiresonansi*, bergesernya letak resonansi terjadi, berubahnya letak *antiresonansi* terjadi, dan juga berubahnya nilai RMS getaran saat terjadi resonansi. Dari gambar 3 (a) memperlihatkan bahwa dengan semakin bertambahnya nilai η_{lc} yang diberikan maka besar RMS *displacement* untuk resonansi pertama dan kedua cenderung semakin tinggi, sedangkan besar RMS *displacement* untuk resonansi ketiga justru cenderung mengalami penurunan.

Pemberian perubahan rasio lengan momen c juga memberikan perubahan pada RMS *angular displacement* sebagaimana pada gambar 3 (b). semakin besar nilai η_{lc} yang diberikan maka nilai RMS *angular displacement* dari resonansi pertama akan semakin rendah dan terletak pada η_{fr} yang lebih rendah. Adapun besar RMS displacement dari resonansi pertama ini adalah sebesar 0,06593; 0,06307; dan 0,06157 yang masing-masing terjadi untuk rasio lengan 0; 0,5;

dan 1. Selain perubahan RMS angular displacement, penambahan rasio lengan momen juga membuat bergesernya rasio frekuensi dimana resonansi terjadi. Adapun semakin besar lengan momen yang diberikan, resonansi pertama sistem akan semakin jauh dari $\eta_{fr} = 1$. Hal inilah yang mengakibatkan berkurangnya getaran yang terjadi pada daerah rasio frekuensi rotasi 1.

Besar Pengurangan Getaran



Gambar 4. grafik pengurangan getaran untuk arah (a) translasi dan (b) rotasi

Pada dasarnya dDVA yang digunakan dalam penelitian ini merupakan translasional DVA, yang mana seharusnya hanya digunakan untuk meredam getaran translasi sistem saja. Namun dalam penelitian ini menunjukan bahwa pemberian lengan momen pada masa dDVA mampu meredam getaran rotasional sistem khususnya pada daerah r_{fr} = 1. Pengurangan getaran rotasional ini lebih dikarenakan oleh bergesernya resonansi sistem kepada r_{fr} yang lebih rendah, sehingga terjadilah pengurangan getaran pada r_{fr} = 1. Pemberian lengan momen yang berbeda juga akan memberikan tingkat penurunan getaran translasi dan rotasi yang berbeda.

Perubahan posisi dari masa absorber tidaklah terlalu segnifikan merubah pengurangan getaran translasi, hal ini terbukti dari selisih pengurangan getaran translasi yang kurang dari 5% saat masa absorber berubah dari $\eta = 0$ menjadi $\eta = 1$. Meski demikian perubahan posisi masa absorber dari $\eta = 0$ menjadi $\eta = 1$ memberikan perubahan pengurangan getaran yang sangat segnifikan. Dengan demikian maka penggunaan dDVA paling efektif justru terjadi saat sistem diberikan masa absorber pada pusat masa dan bagian ujung dari sistem, adapun besar pengurangan getaran translasi sebesar 92,29% dan rotasi sebesar 56,62%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa pengurangan getaran translasi maksumum adalah 95,51 % yang diperoleh saat kedua masa absorber diletakkan pada pusat masa dari sistem utama ($r_1 = 0$). Kemudian untuk pengurangan getaran rotasi maksimum adalah sebesar 56,62 % dan diperoleh saat salah satu masa absorber diletakkan pada pusat masa dari sistem utama ($r_1 = 0$), dan masa yang lain diletakkan pada ujung dari sistem ($r_1 = 1$). Sedangkan penggunaan dDVA paling efektif justru diperoleh saat salah satu masa absorber diletakkan pada pusat masa dari sistem utama ($r_1 = 0$), dan masa yang lain diletakkan pada ujung dari sistem ($r_1 = 1$). Adapun penurunan getaran translasi yang diperoleh pada kondisi ini adalah sebesar 92,29% dan 56,62% pada arah rotasi.

DAFTAR PUSTAKA

[1] D. Sekulić, S. Rusov, V. Dedović, S. Šalinić, D. Mladenović, and I. Ivković, "Analysis of bus users' vibration exposure time," *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 65, pp. 26–35, May 2018.

[2] F. S. Samani and F. Pellicano, "Vibration reduction of beams under successive traveling loads by means of linear and nonlinear dynamic absorbers," *J. Sound Vib.*, vol. 331, no. 10, pp. 2272–2290, May 2012.

[3] S. Krenk and J. Høgsberg, "Tuned mass absorber on a flexible structure," *J. Sound Vib.*, vol. 333, no. 6, pp. 1577–1595, Mar. 2014.

[4] H. L. Guntur, "PENGARUH PERUBAHAN POSISI MASA SDVA DARI TITIK BERAT MASA UTAMA TERHADAP KARAKTERISTIK GETARAN TRANSLASI & ROTASI SISTEM UTAMA 2 DOF," p. 7, 2015.

[5] A. A. A. Daman, H. L. Guntur, and Susastro, "The influence of dynamic vibration absorber to reduce the vibration of main system with 2-DoF," presented at the PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL MECHANICAL ENGINEERING AND ENGINEERING EDUCATION CONFERENCES (IMEEEC 2016), East Java, Indonesia, 2016, p. 030028.

[6] Kusumadewayanti. Esthi. 2015. Studi pengaruh masa dan perubahan lengan momen dual dynamic vibration absorber (DVA)-Independent terhadap respon getaran sistem utama - 2 DOF. Seminar nasional teknik mesin petra DS28-DS34.

[7] J.-H. Koo, A. Shukla, and M. Ahmadian, "Dynamic performance analysis of non-linear tuned vibration absorbers," *Commun. Nonlinear Sci. Numer. Simul.*, vol. 13, no. 9, pp. 1929–1937, Nov. 2008.

Halaman ini sengaja dikosongkan