

# STUDI EKSPERIMEN REDAMAN GETARAN TRANSLASI DAN ROTASI DENGAN PENAMBAHAN DDVA (*DUAL DYNAMIC VIBRATION ABSORBER*) PADA SISTEM UTAMA 2 DOF

Abdul Rohman<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Staff Pengajar Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Banyuwangi  
E-mail : rahmanabd@poliwangi.ac.id

Naskah diterima: 19 November 2018 ; Naskah disetujui: 31 Desember 2018

## ABSTRAK.

Getaran yang berlebih pada system konstruksi dari nilai frekuensi alaminya maka system konstruksi tersebut dapat menuju kerusakan sehingga dibutuhkan pencegahan mekanisme yang mampu meredam atau menahan getaran tersebut. Salah satu cara peredaman getaran adalah penggunaan *Dynamic Vibration Absorber (DVA)*. DVA merupakan sistem massa, damper, dan pegas yang ditambahkan pada sistem utama. Jenis peredam ini akan bergerak bersamaan dengan sistem utama sehingga getaran pada sistem utama dapat diredam. Dalam usaha dalam peredaman getaran, suatu modifikasi penggunaan DVA diperlukan. Salah satu modifikasi DVA adalah penggunaan *Dual Dynamic Vibration Absorber (DDVA)* pada sistem utama. DDVA merupakan dua buah DVA terpisah yang dipasang pada sistem utama dengan jarak tertentu. Pada eksperimen ini mengukur pengaruh penambahan dual DVA terhadap respon getaran translasi dan rotasi pada sistem utama 2-DOF. Dalam pemahaman mengenai fenomena tersebut dibuat model dinamis sistem tanpa penambahan DVA dan sistem dengan penambahan dual DVA. Model dinamis sistem tanpa penambahan DVA digunakan sebagai pembandingan terhadap sistem dengan penambahan Dual DVA. Dalam persamaan model dinamis tersebut disimulasikan dengan software Simulink. Pada hasil penelitian eksperimen yang dihasilkan pada redaman arah translasi dan rotasi dapat mereduksi getaran dengan DDVA di rasio frekuensi rata-rata error 2,98 % dan 0,85 %. Pengurangan getaran translasi maksimum untuk rentang frekuensi 0,6219 Hz sampai dengan 1,6611 Hz untuk arah translasi dan 1,585 Hz s.d 4,440 Hz untuk arah rotasi.

**Kata Kunci:** Eksitasi, DVA, DOF, Getaran Translasi dan Rotasi.

## PENDAHULUAN

Getaran merupakan osilasi gelombang pada benda dimana jika gaya berlebih pada sistem struktur dapat menimbulkan masalah atau kerusakan. Getaran dapat diredam agar tidak mempengaruhi fungsi kerja dari struktur. Peredaman getaran ini telah banyak dikembangkan sebelumnya dari beberapa penelitian sehingga konsep diciptakan untuk mengurangi getaran tersebut. Konsep *Dynamic Vibration Absorber / DVA* salah satu yang digunakan untuk meredam respon getaran translasi. DVA merupakan sistem massa tambahan yang dikenakan pada sistem yang bergetar didukung oleh pegas-peredam. Konsep DVA juga digunakan untuk meredam getaran translasi dan rotasi secara bersamaan [1].

Pada penelitian sebelumnya [2] ,[3] dengan memodifikasi DVA dengan penggunaan *Dual DVA-Independent* pada sistem utama. Perubahan lengan momen tidak berpengaruh pada getaran arah translasi. Adapun konsep DVA dengan yang dilakukan [4] memodifikasi *Dual Dynamic Vibration Absorber /DDVA* tersusun secara seri pada sistem utama massa

absorber 1 dalam mereduksi getaran massa utama berkurang karena adanya massa absorber 2 yang mengurangi kemampuan getaran.

Salah satu konsep DVA dapat diaplikasikan pada gedung bertingkat [5] terhadap getaran gempa bumi dan getaran juga terjadi pada beam, jembatan serta jalan layang. Dengan banyak konsep tersebut, penelitian ini dilakukan untuk memahami getaran karakteristik untuk merancang sebuah konsep getaran absorber secara dinamis. DVA juga mempunyai istilah lain *Tuned Mass Damper /TMD* yang secara luas digunakan kontrol getaran secara *Passive*.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruhnya penambahan dual dynamic vibration absorber pada sistem terhadap pengurangan getaran yang di timbulkan. Penelitian ini skala laboratorium untuk penggunaan bahan praktikum getaran mekanik.

## METODOLOGI

Prinsipnya getaran sebuah sistem dapat dikurangi dengan menambahkan DVA yang terdiri dari massa dengan dihubungkan dengan pegas-peredam.

DVA didesain untuk menjauhkan frekuensi natural sistem dari frekuensi gaya yang diberikan pada sistem utama. Besaran amplitudo getaran pada sistem mengalami peredaman dengan semakin kecil fungsi waktu. Peredam getaran dinamik atau *dynamic vibration absorber* (DVA) merupakan adalah satu metode yang banyak dipakai dan cukup mampu untuk meredam getaran yang terjadi pada suatu struktur *engineering*.

Sistem yang semula hanya memiliki satu buah puncak resonansi, kemudian memiliki dua buah puncak resonansi dengan ditambahkan DVA. Dengan demikian mesin harus melewati resonansi puncak dengan cepat saat mesin dalam kondisi dinyalakan atau dimatikan untuk menghindari amplitudo yang sangat besar. Amplitudo dari mesin ini dapat dikurangi dengan memberikan peredam getaran sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2. Pemberian DVA tanpa peredam mengakibatkan berubahnya nilai dan jumlah resonansi puncak dari mesin

### 1. Peralatan Penelitian

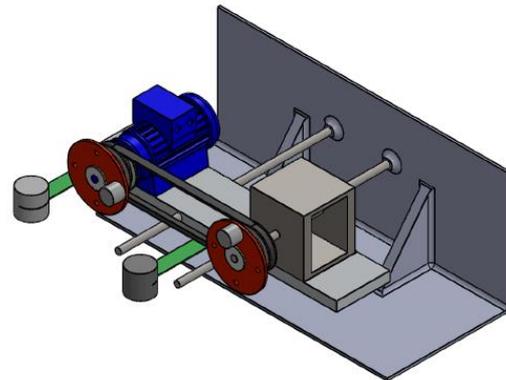
Beberapa peralatan pendukung yang digunakan dalam penelitian adalah : Accelerometer, Oscilloscope, Power Supply, Inverter Tachometer

### 2. Pemodelan Dinamis Sistem DVA

Pada penelitian ini dapat menentukan pemodelan dinamis sistem dengan persamaan gerak sistem. Dengan menggunakan Program Matlab dapat menentukan blok simulink didapatkan respon getaran. Adapun sistem utama dalam bentuk *prototype* pada gambar berikut. Nama komponen sebagai berikut : (1) Beam (2) base Metal (3) Kantilever Sistem (4) Motor (5) Massa Unbalance (6) Penggaris (7) Massa Absorber (7) Kotak Penyeimbang

Prinsip kerja Mesin Uji ini adalah ilustrasi sistem massa dan pegas yang ingin di redam atau reduksi getarannya. Pada gambar 4 sebuah massa sistem utama pada kedua ujung di topang oleh dua kantilever. Fungsi kantilever adalah pengganti pegas yang diberikan pada sistem. Sistem utama akan diredam getarannya adalah sebuah kesatuan dari beban dinamis sistem seperti massa beam, massa motor, massa *balance* dan Silinder. Sistem utama dipengaruhi gaya eksitasi dengan beban massa *unbalance* pada *disk plate* yang diputar oleh Gaya motor listrik. Pada hal ini posisi pusat massa diasumsikan berada pada titik tengah pada *beam* sehingga posisi motor berada berseberangan dengan massa *balance* dengan jarak yang sama. Tujuan penelitian adalah mendapatkan respon yang akan berbeda pada setiap titik peredaman dimana motor sebagai penggerak eksitasi. DVA sebagai massa yang dengan peredaman variable dinamis. Penempatan DVA ini dibagi menjadi beberapa titik yakni pada titik CG (*center of gravity*), setengah dari panjang terhadap CG dan ujung pada beam. Sebaliknya penempatan DVA pada sisi yang lain. Jarak DVA merupakan dari rasio lengan dengan jarak kantilever terhadap titik CG.

Pemodelan dinamis pada gambar diatas dengan mengacu Hukum Newton dapat menjabarkan suatu persamaan dinamis tersebut. Dalam bentuk persamaan pemodelan terdapat derajat kebebasan pada sistem (*Degree of Freedom /DOF*) pada sistem tersebut dengan tanpa DVA terlihat 2 DOF namun dengan penambahan DVA maka bertambah jumlah derajat kebebasan menjadi 3 DOF. Dalam penerapan rumus yang diberikan dimana ada 3 persamaan gerak diperoleh dari massa utama, massa absorber dan Inersia. Gerakan yang dihasilkan pada sistem ini yaitu Translasi sistem utama ( $y_s$ ), rotasi sistem utama( $\theta$ ) dan translasi massa absorber ( $y_a$ ). Dari persamaan gerak diatas dapat berbentuk *state variable* sehingga dapat diperoleh blok Diagram Simulink Matlab.



Gambar 1 Alat Uji (*Prototipe*) DVA (*Dynamic Vibration Absorber*)

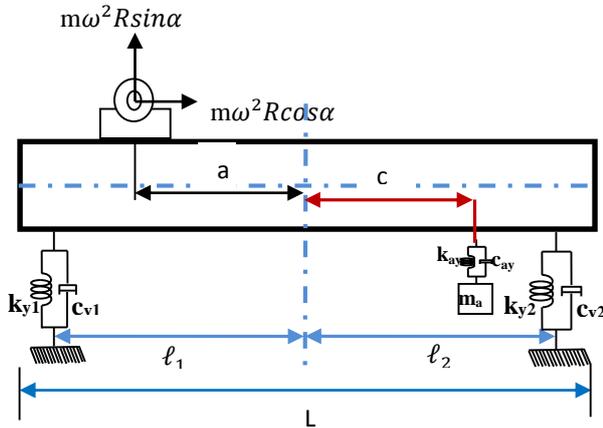
### 3. Parameter Sistem

Nilai Parameter yang mewakili suatu bagian dari Mesin Uji DVA yang telah diukur dengan alat uji. Parameter ini sebagai salah satu input dalam simulasi simulink matlab. Parameter dapat ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 1 Parameter Sistem Prototipe DVA

Parameter Sistem	Nilai
Massa pemberat ( $m_k$ )	5 kg
Massa motor ( $m_m$ )	5 kg
Massa <i>unbalance</i> ( $m_u$ )	0,14 kg
Massa plat penyangga motor dan pemberat ( $m_p$ )	3,09 kg
Massa disk plate ( $m_d$ )	0,75 kg
Massa total sistem (m)	13,88 kg
Jarak motor dari CG (a)	0,145 m
Jarak kantilever 1 dari titik CG ( $l_1$ )	0,23 m
Jarak kantilever 2 dari titik CG ( $l_2$ )	0,23 m
Diameter disk plate (r)	0,06 m
Frekuensi kerja motor (f)	0 sd 30 Hz
Konstanta kekakuan 1 dan 2 ( $k_1, k_2$ )	44802,7 N/m
Koefisien redaman sistem ( $c_s$ )	50,7 N/m <sup>2</sup>
Koefisien redaman absorber ( $c_a$ )	1,63 N/m <sup>2</sup>
Momen Inersia (I)	0,2997 kg.m <sup>2</sup>

Adapun untuk mengukur konstanta kekakuan didapatkan rumus mekanika bahan dengan memberikan beban pada ujung kantilever pada sistem sehingga kantilever terdefleksi atau lendutan. Pemberian beban ini dilakukan berulang dengan massa beban yang berbeda.

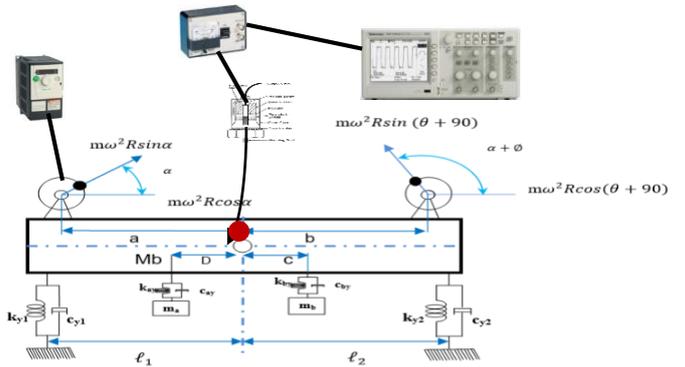


**Gambar 2** Model Sistem Dengan Penambahan DVA Dengan Sumber Eksitasi Dari Titik Pusat Massa

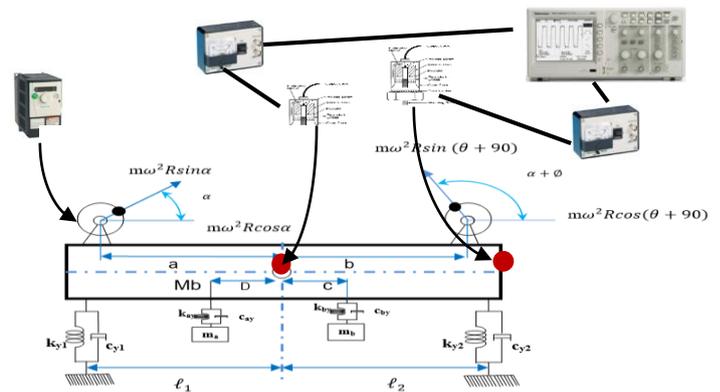
Untuk nilai konstanta redaman pengukurannya diperlukan alat uji khusus yakni *oscilloscope*, *accelerometer* dan *power supply*. Dalam tahap pengukuran redaman dengan pemasangan accelerometer pada kantilever, dimana diberikan gaya eksitasi atau simpangan awal sebesar  $x_0$  dan dibiarkan bergetar hingga tidak bergetar lagi. Getaran yang timbul dengan pemberian simpangan di rekam pada display oscilloscope. Data getaran yang disimpan pada oscilloscope masih berupa data voltasi sehingga diperlukan konversi. Adapun pengukuran redaman kantilever ini menggunakan metode *logarithmic decrement* dengan persamaan sebagai berikut :

$$c = 2 \cdot m \cdot \sqrt{(k/m)} \cdot \sqrt{1 / ((2 \cdot \pi / \ln(a_n / a_{n+1}))^2 + 1)}$$

Di mana  $a_n$  adalah besar amplitudo getaran ke- $n$ ,  $a_{n+1}$  besar amplitudo getaran ke- $(n+1)$ . Nilai redaman dari kantilever *absorber* dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan *logarithmic decrement* dengan langkah yang sama perbedaan penempatan *accelerometer* pada kantilever absorber.



**Gambar 3** Skema Rangkaian Pemasangan Accelerometer Mengukur Getaran Arah Translasi (Ys)



**Gambar 4** Skema Rangkaian Pemasangan Accelerometer Mengukur Getaran Arah Rotasi ( $\theta$ )

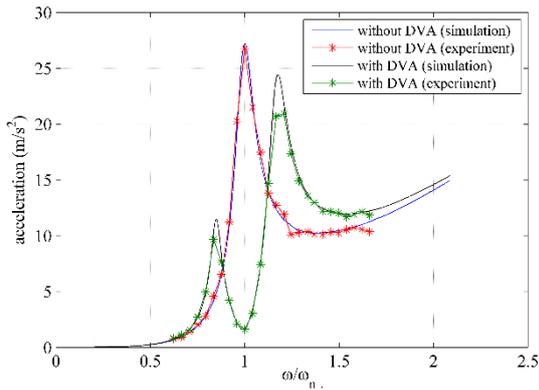
Dengan pengambilan data pada set point dengan mendapatkan rms percepatan dalam kondisi tanpa DVA. Dalam hal ini dalam pengujian eksperimen dapat ditabelkan dan hasil grafik. Hasil grafik simulasi dapat dibandingkan hasil eksperimen dengan selisih jkesalahn yang terjadi pada nilai rms percepatan sebagai rumus berikut :

$$\% \text{ error} = \frac{\text{Selisih percepatan Nilai Ekperimen dan Nilai Simulasi}}{\text{Nilai Eksperimen}} \times 100\%$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan pengambilan data pada set point dengan mendapatkan rms percepatan dalam kondisi tanpa DVA. Dalam hal ini dalam pengujian eksperimen dapat ditabelkan pada Tabel 1. Dimana Penyelesaian persamaan state variable pada blok diagram sehingga respon hasil simulasi diperoleh, maka dilakukan validasi data hasil simulasi dalam pembuktian hasil

simulasi dengan eksperimen tersebut dapat mewakili kondisi fisik dari sistem. Validasi data dilakukan dengan pengambilan data pada frekuensi 0.665-1.666 Hz dalam kondisi sistem tanpa penambahan *dual DVA-independent* pada sistem 2-DOF. Untuk sistem dengan penambahan *dual DVA-independent*, rasio massa dan konstanta kekakuan yang digunakan adalah 1/20 pada  $b = 0,5L$ . Rancangan uji eksperimen dari sistem tersebut dapat dilihat pada Gambar 1



**Gambar 5** Grafik Validasi Respon Getaran Percepatan Hasil Simulasi dan Eksperimen Sistem tanpa Penambahan *Dual DVA-Independent* arah Translasi

Berdasarkan Gambar 5, respon percepatan hasil eksperimen memiliki kecenderungan *trendline* yang sama dengan hasil simulasi. Pada sistem tanpa penambahan DVA, nilai percepatan pada frekuensi natural hasil eksperimen mendekati nilai percepatan hasil simulasi. Pada sistem dengan penambahan DVA, puncak pada frekuensi natural ke-1 dan ke-2 hasil eksperimen berbeda cukup jauh dibandingkan pada frekuensi lain. Hal ini dimungkinkan peralatan yang tidak mendukung sehingga pengambilan data kurang baik pada frekuensi natural dari sistem. Kondisi frekuensi pada *inverter* tidak sesuai dengan frekuensi *output* dari motor sehingga frekuensi yang digunakan adalah frekuensi hasil pengukuran dengan *tachometer* dengan keluaran rotasi per menit (rpm).

**Tabel 2** Rasio Perbandingan Percepatan Hasil Simulasi dan Eksperimen arah Translasi

Frek (Hertz)	Percepatan Sistem Tanpa DDVA			Percepatan Sistem Dengan DDVA		
	Eksp	Sim	Selisih (%)	Eksp	Sim	selisih (%)
0,6219	0,76	0,64	15,79	0,79	0,71	10,13
0,6644	0,92	0,91	1,09	1,07	1,07	0,00
0,7078	1,37	1,31	4,38	1,55	1,66	7,10
0,7496	2,07	1,88	9,18	2,71	2,66	1,85
0,793	2,81	2,75	2,14	4,97	4,91	1,21
0,8347	4,59	4,08	11,11	9,65	10,26	6,32
0,8765	6,56	6,28	4,27	7,60	8,31	9,34
0,9182	11,25	10,16	9,69	4,17	4,13	0,96

0,9665	20,24	16,38	19,07	2,10	2,24	6,67
1,000	21,78	21,67	0,51	1,60	1,68	5,00
1,0409	21,5	19,39	9,81	3,00	3,39	13,00
1,0835	17,49	15,74	10,01	7,42	7,54	1,62
1,1252	13,78	13,45	2,39	14,68	15,29	4,16
1,1688	12,71	12,08	4,96	20,66	24,19	17,09
1,2078	11,91	11,23	5,71	20,94	21,82	4,20
1,2437	10,08	10,8	7,14	17,34	18,17	4,79
1,2863	10,29	10,38	0,87	14,87	15,4	3,56
1,3322	10,35	10,22	1,26	13,53	13,75	1,63
1,3689	10,1	10,19	0,89	12,97	12,96	0,08
1,4115	10,09	10,22	1,29	12,2	12,44	1,97
1,4541	10,32	10,29	0,29	12,15	12,13	0,16
1,4958	10,24	10,41	1,66	12,02	11,98	0,33
1,5392	10,54	10,58	0,38	11,68	11,95	2,31
1,5785	10,72	10,71	0,09	11,89	11,99	0,84
1,6202	10,55	10,96	3,89	12,14	12,08	0,49
1,6611	10,35	11,22	8,41	11,83	12,21	3,21

Pada Tabel 2, nilai persentase selisih terbesar sebesar 19,07% pada rasio frekuensi 0,9655 untuk sistem tanpa penambahan DVA sedangkan untuk sistem dengan penambahan DVA, persentase selisih terbesar sebesar 17,09% pada rasio frekuensi 1,1688 Hz

Perbandingan rms percepatan hasil eksperimen dan simulasi sistem DVA menunjukkan rms percepatan pada eksperimen lebih besar dari pada rms percepatan simulasi. Hal ini disebabkan gaya eksitasi pada motor ketika bekerja pada kondisi berlebih karena frekuensi operasinya mendekati frekuensi tunggal maka resonansi getaran yang dihasilkan besar, disebabkan kemungkinan tersalurnya sebagian getaran dari sistem.

**Tabel 3** Rasio Perbandingan Hasil Simulasi dan Eksperimen arah rotasi

Frek (Hertz)	Percepatan Sistem Tanpa DDVA			Percepatan Sistem Dengan DDVA		
	Eksp	Sim	Selisih (%)	Eksp	Sim	Selisih (%)
1,585	10,30	10,64	3,30	7,79	5,97	23,36
1,693	10,85	11,18	3,04	7,45	6,21	16,64
1,804	11,53	11,81	2,43	8,21	6,44	21,56
1,910	12,47	12,58	0,88	6,36	6,66	4,72
2,121	13,10	13,52	3,21	7,16	6,70	6,42
2,127	13,89	14,48	4,25	7,63	6,58	13,76
2,234	16,08	15,52	3,48	7,19	6,22	13,49
2,400	15,98	16,62	4,01	5,59	5,47	2,15
2,548	18,36	17,74	3,38	3,38	4,44	31,36
2,653	19,89	18,99	4,52	4,00	4,48	12,00

2,761	22,07	20,27	8,16	8,75	9,90	13,14
2,868	21,74	21,61	0,60	26,09	26,01	0,31
2,974	24,28	22,99	5,31	64,46	62,46	3,10
3,078	24,54	24,35	0,77	84,83	86,30	1,73
3,170	27,93	25,98	6,98	73,84	68,82	6,80
3,278	29,40	27,13	7,72	61,10	59,10	3,27
3,398	31,61	28,93	8,48	51,89	53,22	2,56
3,489	30,80	32,12	4,29	46,73	50,25	7,53
3,597	32,97	30,72	6,82	45,21	49,33	9,11
3,706	34,26	32,14	6,19	49,23	48,91	0,65
3,813	36,70	33,87	7,71	49,34	49,22	0,24
3,923	37,43	35,74	4,52	50,21	50,00	0,42
4,023	38,71	37,64	2,76	53,52	51,00	4,71
4,129	41,47	39,64	4,41	53,66	52,17	2,78
4,243	44,31	41,59	6,14	54,66	55,28	1,13
4,235	44,32	43,69	1,42	51,24	55,24	7,81
4,440	45,12	45,68	1,24	52,36	55,35	5,71

**Gambar 6** Grafik Validasi Respon Getaran Percepatan Hasil Simulasi dan Eksperimen Sistem tanpa Penambahan *Dual DVA-Independent* arah Rotasi

**KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil eksperimen yang dihasilkan pada redaman arah translasi dan rotasi dapat mereduksi getaran dengan DDVA di rasio frekuensi rata-rata error 2,98 % dan 0,85 %. Pengurangan getaran translasi maksimum untuk rentang frekuensi 0,6219 Hz s.d 1,6611 Hz untuk arah translasi dan 1,585 Hz s.d 4,440 Hz untuk arah rotasi. Besarnya *prosentase error* terjadi akibat perpindahan getaran sebagian besar dari sistem ke *body base* ke meja bengkel. Dengan adanya perbedaan rata-rata keseluruhan *prosentase error* sebesar 0,98 % diatas maka terlihat dari trend grafik diatas dapat diartikan bahwa adanya kesamaan (*similar*) hasil penelitian secara simulasi dan eksperimen.

**SARAN**

Getaran yang ditimbulkan sistem berlebih sehingga perlu isolasi getaran agar tidak mengganggu system utama. Untuk meja sebagai dudukan diperlukan ketebalan min 20 cm agar peredamannya bekerja secara maksimal.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Susastro. 2015. Pengaruh Perubahan Posisi Massa SDVA Dari Titik Berat Massa Utama Terhadap Karakteristik Getaran Translasi-Rotasi Sistem Utama 2 DOF,. Tesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [2] Machfuroh T. 2016. Studi Pengaruh Penambahan *Dual Dynamic Vibration Absorber (DVA)* – dependet terhadap Respon Getaran Translasi dan Rotasi Pada Sistem Utama 2 DOF,. Tesis Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [3] Krenk, Steen. 2013. “*Tuned Mass Absorber On A Flexible Structure*”. Science Direct. 1577-1595.
- [4] Lostari. A. 2015. Studi Perbandingan Pengaruh Penambahan SDVA dan DDVA Tersusun Seri Terhadap Respon Getaran Translasi Sistem Utama.. Tesis Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [5] Yoshida, Kazuo. 1996. “*Active Vibration Control For Builder Subjected To Horizontal And Vertical Large Seismic Excitation*”. IEEE Proceedings of the 35 th. Coference on decision abd Control.7803-3590-2.

Pada Tabel 3, nilai persentase selisih terbesar sebesar 8,48% pada rasio frekuensi 3,398 untuk sistem tanpa penambahan DVA sedangkan untuk system dengan penambahan DVA, persentase selisih terbesar sebesar 31,26% pada rasio frekuensi 2,548. Berdasarkan Gambar 6, respon percepatan sudut hasil eksperimen memiliki kecenderungan *trendline* yang sama dengan hasil simulasi. Pada sistem tanpa penambahan DVA, nilai percepatan sudut hasil eksperimen tidak dapat dipakai pada frekuensi natural. Hal ini disebabkan frekuensi natural terlalu rendah, dimana alat uji tidak mampu beroperasi pada frekuensi tersebut. Pada sistem dengan penambahan DVA, puncak pada frekuensi natural kedua hasil eksperimen tidak berbeda jauh dibandingkan hasil simulasi.

