Pemodelan dan Analisis Pengaruh Perbandingan Jarak dan Massa DVA Terhadap Respon Massa Utama dengan Triple-DVA Tersusun Secara Paralel

Mohammat Rizal[1], Ardi Noerpamoengkas[2]
Teknik Mesin, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya[1,2]
e-mail: mohammatrizal68@gmail.com

ABSTRACT

The addition of a mass-spring system or dynamic vibration absorber to the main vibration system can reduce the vibration response. In this study, a new model of DVA is investigated by adding three mass-spring-damping or Triple-DVA systems which are installed in parallel. The ratio of the distance between the middle DVA system and its two sides, and the ratio of mass in the three DVAs were varied. The farther the right-hand side of the DVA is, the lower the vertical and angular vibration response. The vibration response is highest in the vertical direction and the lowest in the angular direction on one of the variations of the DVA mass ratio with a larger mass on one side. The addition of mass in the one-sided DVA system can decrease the angular response of the main system.

Kata kunci: *Dynamic vibration absorber, triple-DVA, vibration.*

ABSTRAK

Penambahan sistem massa-pegas atau *dynamic vibration absorber* atau peredam getaran dinamis pada sistem getaran utama dapat menurunkan respon getaran. Pada penelitian ini, model baru DVA diteliti dengan menambahkan tiga sistem massa-pegas-redaman atau *Triple*-DVA yang terpasang secara paralel. Perbandingan jarak antara sistem DVA tengah dan kedua sisinya, dan perbandingan massa di ketiga DVA tersebut divariasi. Semakin jauh jarak DVA sisi kanan, semakin rendah respon getaran vertikal dan angular. Respon getaran paling tinggi pada arah vertikal dan paling rendah pada arah angular pada salah satu variasi rasio massa DVA dengan massa yang lebih besar pada salah satu sisi. Penambahan massa di sistem DVA salah satu sisi ini dapat menurunkan respon angular sistem utama.

Kata kunci: Getaran, peredam getaran dinamis, *triple*-DVA.

PENDAHULUAN

Penggunaan peredam *viscous* umum digunakan sebagai model peredam pada sistem getaran sederhana [1]. Lebih lanjut penerapan peredam kejut dapat menggunakan kontrol aktif [2]. Penambahan mekanisme arus eddy dapat digunakan sebagai alternatif peredam [3]. Penambahan massa pada sistem massa-pegas utama dapat mengurangi respon getaran. Mekanisme dapat juga disebut sebagai DVA (*Dynamic Vibration Absorber*) [4]–[12].

DVA sederhana hanya menambahkan satu massa-pegas pada sistem [1], [4]. DVA dapat pula menggunakan massa tambahan lebih dari satu. Penambahan dua massa secara seri [6], [13], dan parallel [7], [8], [14], [15]. Dapat pula dengan menempatkan secara parallel, dua massa DVA seri [11]. Penambahan tiga massa secara secara seri [10].

Sistem DVA dapat menggunakan batang sebagai pegas DVA dan massa di ujungnya sebagai massa DVA [5], [7]–[9], [16]–[18]. Sistem DVA dapat menggunakan bola gelinding [19]. Peredam jenis ini dapat ditambah arus eddy dengan menggunakan magnet sebagai massa DVA [20].

Pemasangan tiga massa-pegas DVA yang terpasang secara seri belum pernah diteliti sebelumnya. Penempatan satu massa di antara tiga massa DVA pada bagian tengah dapat

langsung mempengaruhi getaran translasi arah vertikal, tanpa mempengaruhi getaran rotasi sistem utama. Pada penelitian ini divariasikan jarak antar massa DVA, dan perbandingan nilai antar massa DVA.

TINJAUAN PUSTAKA

Respon getaran yang terjadi dapat berlebihan pada kondisi sistem mengalami resonansi. Cara menurunkan respon dengan mengubah karakteristik sistem getaran sehingga frekuensi kerja eksitasi tidak dekat dengan frekuensi natural sistem. Hal ini dilakukan dengan menambahkan massa pada sistem [1]. Eksitasi ini dapat berupa mesin-mesin berputar dengan massa tidak seimbang. Perubahan parameter pada sistem eksitasi memerlukan perubahan pada sistem DVA pula agar respon getaran tetap rendah [4].

Penelitian dilakukan pada SDVA dan DDVA [6], [13]. SDVA, *Single*-DVA, atau sistem dengan DVA tunggal dapat mereduksi getaran yang paling signifikan pada rasio massa DVA-utama sebesar 1/10. DDVA, *Dual*-DVA, atau sistem dengan DVA dua dapat mereduksi getaran paling besar pada kondisi rasio massa DVA pertama-utama sebesar 3/40 dan massa DVA kedua-utama sebesar 1/40.

Penempatan SDVA dengan jarak tertentu dari pusat massa utama [21]. Di penelitian yang lain, variasi jarak dari pusat massa utama diaplikasikan pada sumber eksitasi [5]. Penempatan massa DVA berjarak ini tidak hanya dapat mereduksi getaran arah vertikal, namun juga getaran rotasinya. Prinsip ini juga diterapkan pada model sistem getaran gerbong kereta [12].

Penambahan dua massa-pegas pada kedua sisi ujung sistem utama juga digunakan untuk mereduksi getaran rotasi [14]. Pemisahan dua massa DVA secara terpisah ini disebut *independent* DVA. Rasio massa DVA-utama sebesar 1/20 dan rasio pegas DVA-utama 0.0474 memberikan reduksi getaran optimal sebesar 89.75%. Penggunakan model DVA yang mirip juga dilakukan dalam penelitian lain [7], [8].

DVA dapat pula dengan menambahkan tidak hanya massa, namun juga momen inersia tambahan [15]. Penggunaan ini dapat disebut DDVA *replacement*. Adapun presentase reduksi respon getaran arah translasi dapat mencapai hingga sebesar 94.1461% dan arah rotasi hingga 16.7781%.

Tiga massa-pegas-redaman DVA, TDVA, atau *Triple*-DVA dapat terpasang secara seri [10]. Selain itu, sistem DVA diberi jarak terhadap pusat massa utama. Respon massa utama arah translasi dan rotasi yang rendah dapat diperoleh dengan memperbesar jarak sistem DVA dari pusat massa. Selain itu, dapat juga dengan memperbesar massa DVA.

METODE

Gambar sistem dengan Triple-DVA pada gambar 1. Kemudian dilakukan penurunan persamaan gerak dari gambar sistem tersebut. Persamaan gerak diubah ke bentuk lain, *state variable equation*. Bentuk persamaan ini dipakai untuk simulasi [22], [23]. Simulasi menggunakan ODE4 untuk tipe *solver*. Langkah dari simulasi yang digunakan sebesar 0.001 detik. Hasil simulasi berupa respon *displacement* dalam domain waktu. Selanjutnya hasil tersebut diolah untuk memperoleh nilai RMS dan amplitudo respon tersebut. Berikut ini persamaan geraknya.

$$\dot{V}_u = \ddot{y}_u = \frac{1}{m_u} [\, F_{mr} + F_{ml} - F_{ul} - F_l - F_m - F_r - F_{ur}] \quad (1)$$

$$\dot{\omega} = \ddot{\theta} = \frac{1}{J} [-F_{ml}. L_{ml} + F_{mr} . L_{mr} + F_{ul} . L_{ul} + F_l . L_{dval} - F_r . L_{dvar} - F_{ur} . L_{ur}] \quad (2)$$

$$\ddot{y}_{dval} = \frac{1}{m_{dval}} [k_{dval}\, y_u - k_{dval}\, \theta\, L_{dval} - k_{dval} . y_{dval} + c_{dval} . \dot{y}_u - c_{dval} .\dot{\theta}. L_{dval} - c_{dval} . \dot{y}_{dval}] \quad (3)$$

$$\ddot{y}_{dvam} = \frac{1}{m_{dvam}} [k_{dvam} . y_u - k_{dvam} . y_{dvam} + c_{dvam} . \dot{y}_u - c_{dvam} . \dot{y}_{dvam}] \quad (4)$$

$$\ddot{y}_{dvar} = \frac{1}{m_{dvar}} [k_{dvar} . y_u + k_{dvar} . \theta . L_{dvar} - k_{dvar} . y_{dvar} + c_{dvar} . \dot{y}_u + c_{dvar} . \dot{\theta} . L_{dvar} - c_{dvar} . \dot{y}_{dvar}] \quad (5)$$

di mana

$$F_l = k_{dval} (y_u - \theta L_{dval} - y_{dval}) + c_{dval} (\dot{y}_u - \dot{\theta} . L_{dval} - \dot{y}_{dval}) \quad (6)$$

$$F_m = k_{dvam} (y_u - y_{dvam}) + c_{dvam} (\dot{y}_u - \dot{y}_{dvam}) \quad (7)$$

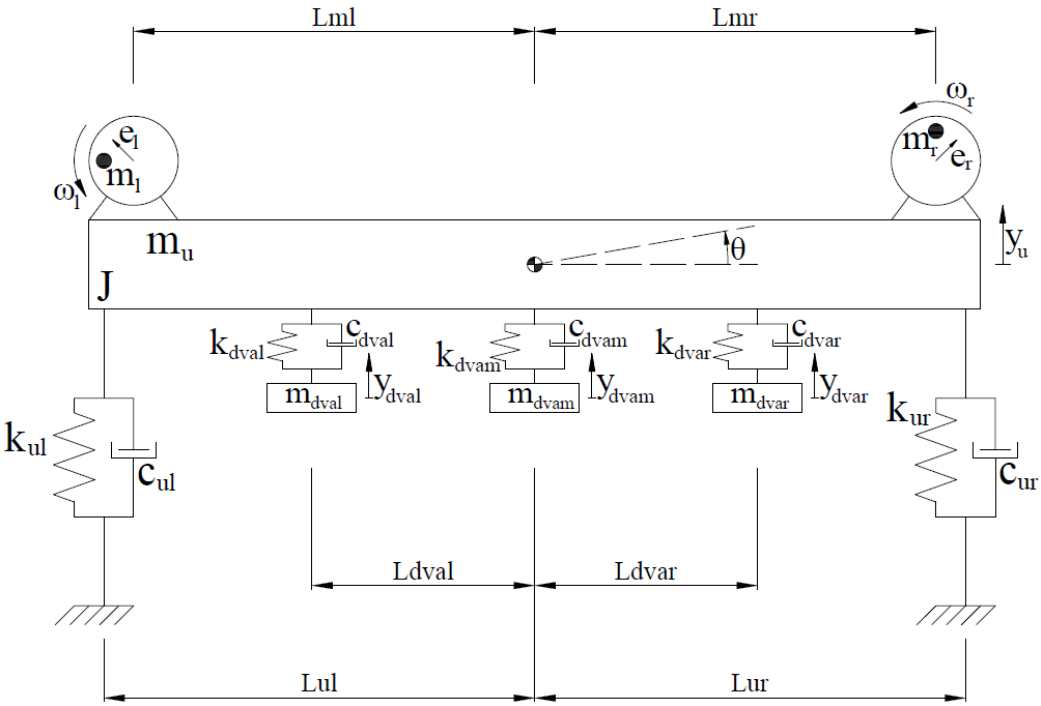
$$F_r = k_{dvar} (y_u + \theta . L_{dvar} - y_{dvar}) + c_{dvar} (\dot{y}_u + \dot{\theta} . L_{dvar} - \dot{y}_{dvar}) \quad (8)$$

$$F_{ul} = k_{ul} (y_u - \theta . L_{ul}) + c_{ul} (\dot{y}_u - \dot{\theta} . L_{ul}) \quad (9)$$

$$F_{ur} = k_{ur} (y_u + \theta . L_{ur}) + c_{ur} (\dot{y}_u + \dot{\theta} . L_{ur}) \quad (10)$$

$$F_{ml} = m_l . e_l . \omega_l^2 . \sin(\omega t) \quad (11)$$

$$F_{mr} = m_r . e_r . \omega_r^2 . \sin(\omega t - \varphi) \text{ di mana } \varphi = \frac{\pi}{2} \quad (12)$$



Gambar 1. Gambar sistem dengan *Triple*-DVA tersusun paralel.

Semua nilai parameter sistem ditentukan. Perbandingan nilai jarak dan massa antar DVA divariasikan. Tabel-tabel berikut nilai parameter tersebut.

Tabel 1. Variasi perbandingan jarak antar DVA.

No.	Variasi	Perbandingan Jarak DVA	L_{dval} (m)	L_{dvar} (m)
1	1	1:2	0.2	0.4
2	2	1:3	0.2	0.6
3	3	1:4	0.2	0.8

Tabel 2. Variasi perbandingan massa antar DVA.

No.	Variasi	Perbandingan Massa DVA	m_{dval} (kg)	m_{dvam} (kg)	m_{dvar} (kg)	m_{dva} total (kg)
1	1	7:4:5	1.75	1.00	1.25	4
2	2	5:4:7	1.25	1.00	1.75	4
3	3	4:4:4	1.33	1.33	1.33	4

Tabel 3. Penjelasan dan nilai parameter pada sistem dan unbalance mass.

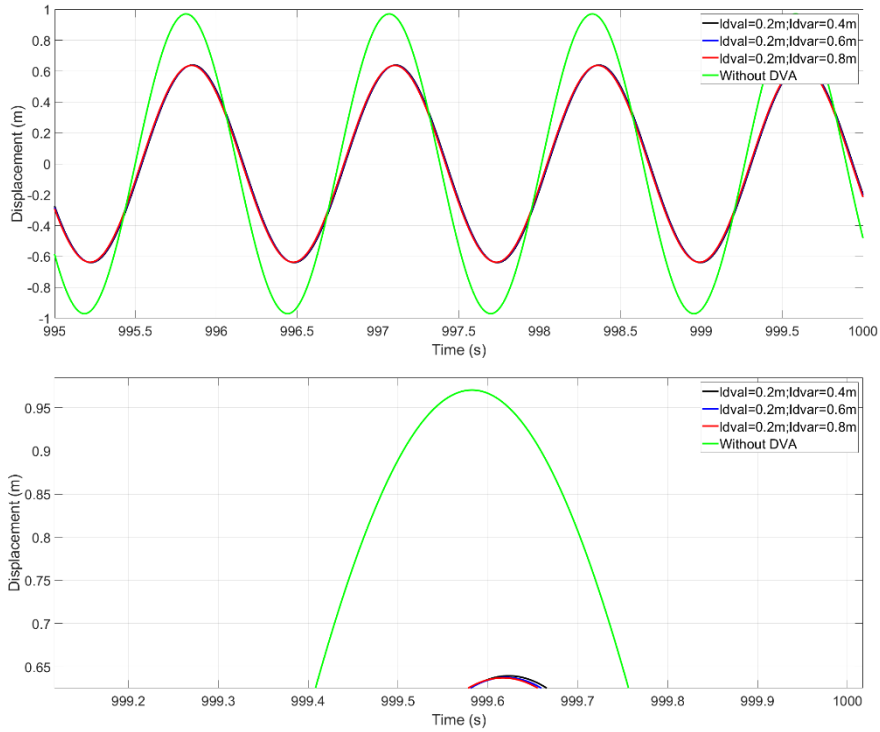
No.	Notasi	Besaran	Nilai	Satuan
1	m_u	Massa utama	10	kg
2	J	Momen inersia utama	13,666	kg.m²
3	k_{ul}	Pegas utama kiri	80	N/m
4	c_{ul}	Redaman utama kiri	20	N.s/m
5	k_{ur}	Pegas utama kanan	80	N/m
6	c_{ur}	Redaman utama kanan	20	N.s/m
7	k_{dval}	Pegas DVA kiri	40	N/m
8	c_{dval}	Redaman DVA kiri	10	N.s/m
9	k_{dvam}	Pegas DVA tengah	40	N/m
10	c_{dvam}	Redaman DVA tengah	10	N.s/m
11	k_{dvar}	Pegas DVA kanan	40	N/m
12	c_{dvar}	Redaman DVA kanan	10	N.s/m
13	L_{ul}	Jarak pusat massa utama-penyangga utama kiri	1	m
14	L_{ur}	Jarak pusat massa utama-penyangga utama kanan	1	m
15	L_{dval}	Jarak DVA tengah-kiri	0.25	m
16	L_{dvar}	Jarak DVA tengah-kanan	0.25	m
17	L_{ml}	Jarak *unbalance mass* kiri-pusat massa utama	0.5	m
18	L_{mr}	Jarak *unbalance mass* kanan-pusat massa utama	0.5	m
19	m_l	*Unbalance mass* kiri	4.3	Kg
20	e_l	Eksentrisitas *unbalance mass* kiri	1.4	m
21	ω_l	Kecepatan putar *unbalance mass* kiri	5	Rad/S
22	m_r	*Unbalance mass* kanan	4.3	Kg
23	e_r	Eksentrisitas *unbalance mass* kanan	1.4	m
24	ω_r	Kecepatan putar *unbalance mass* kanan	5	Rad/S
25	φ	Beda fase *unbalance mass* kiri-kanan	0.5π	Rad

Pada variasi perbandingan jarak antar massa DVA, nilai perbandingan massa DVA tetap, 4:4:4 atau 1:1:1, atau m_{dval} 1.33 kg, m_{dvam} 1.33 kg, m_{dvar} 1.33 kg. Pada variasi perbandingan massa DVA, nilai perbandingan jarak DVA tetap, L_{dvar} 0.25 m dan L_{dval} 0.25 m. Hasil simulasi

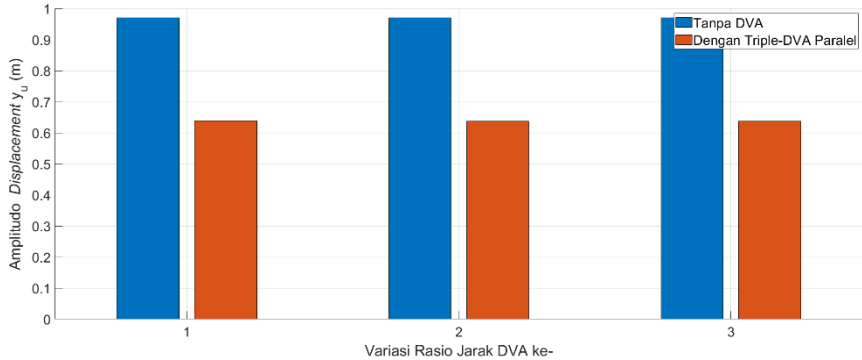
diolah agar diperoleh nilai RMS dan amplitudo respon. Respon yang diamati adalah respon y_u dan θ. Nilai RMS dan amplitudo di tiap variasi dibandingkan dengan kondisi sistem tanpa DVA.

HASIL DAN PEMBAHASAN

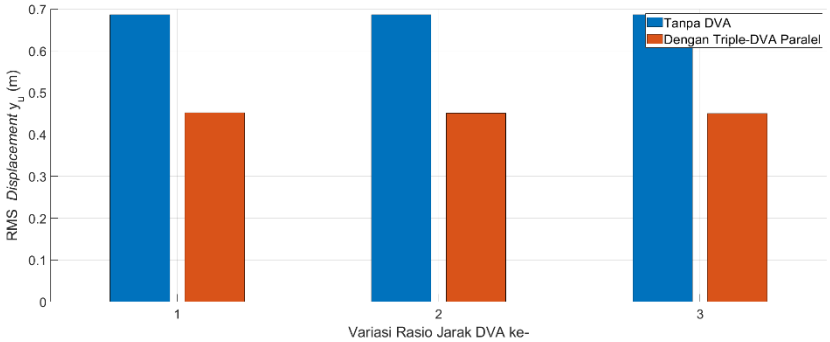
Secara umum, respon getaran sistem utama dengan massa DVA lebih rendah dibandingkan tanpa penambahan massa DVA. Hal ini berlaku baik pada respon getaran translasi vertikal, maupun getaran rotasi. Penurunan respon ini dapat dilihat dari nilai RMS dan amplitudo respon. Penurunan respon *displacement* vertical y_u lebih signifikan dibandingkan penurunan respon *displacement* rotasi θ pada perbandingan dengan-tanpa DVA.



Gambar 2. Respon *displacement* vertikal massa utama variasi perbandingan jarak DVA.



Gambar 3. Amplitudo respon *displacement* vertikal massa utama variasi perbandingan jarak DVA.

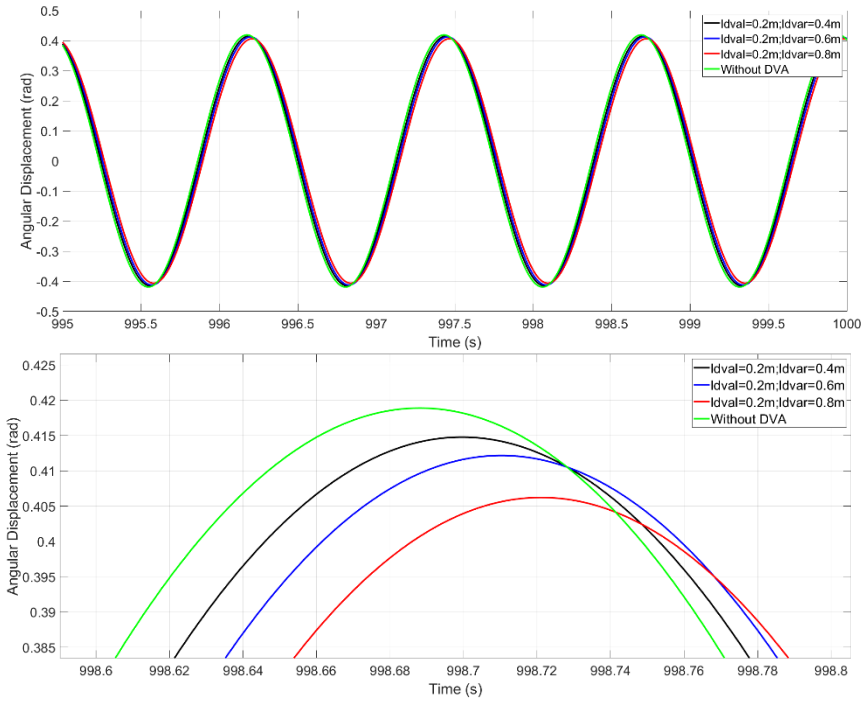


Gambar 4. RMS respon *displacement* vertikal massa utama variasi perbandingan jarak DVA.

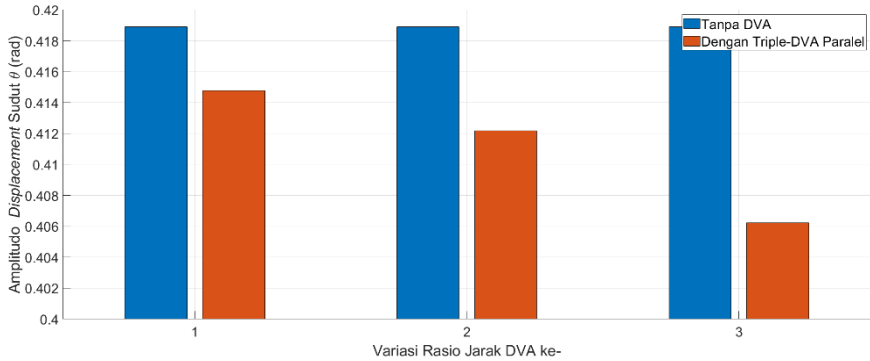
Tabel 4. Nilai amplitudo dan RMS respon *displacement* vertikal massa utama dengan variasi perbandingan jarak DVA.

No.	Variasi	Perbandingan Jarak DVA	Amplitudo Respon (m)	RMS Respon (m)
1	Tanpa DVA		0.9705	0.6862
2	1	1:2	0.6394	0.4521
3	2	1:3	0.6376	0.4508
4	3	1:4	0.6371	0.4505

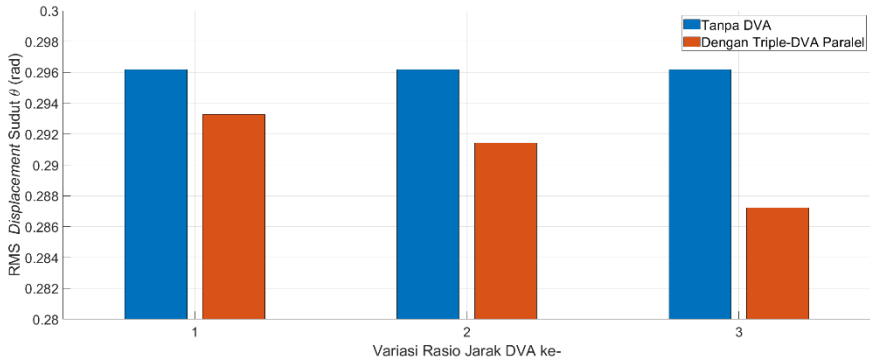
Dari gambar 2, 3, dan 4, dapat diketahui bahwa adanya *Triple*-DVA dapat mengurangi respon getaran vertikal. Selain itu, semakin jauh jarak DVA sisi kanan maka semakin kecil respon getaran vertikal tersebut. Hal ini dapat dilihat dari tabel 4 yang menunjukkan penurunan nilai amplitudo dan RMS respon vertikal dengan semakin jauhnya jarak DVA sisi kanan.



Gambar 5. Respon *displacement* angular massa utama variasi perbandingan jarak DVA.



Gambar 6. Amplitudo respon *displacement* angular massa utama variasi perbandingan jarak DVA.



Gambar 7. RMS respon *displacement* angular massa utama variasi perbandingan jarak DVA.

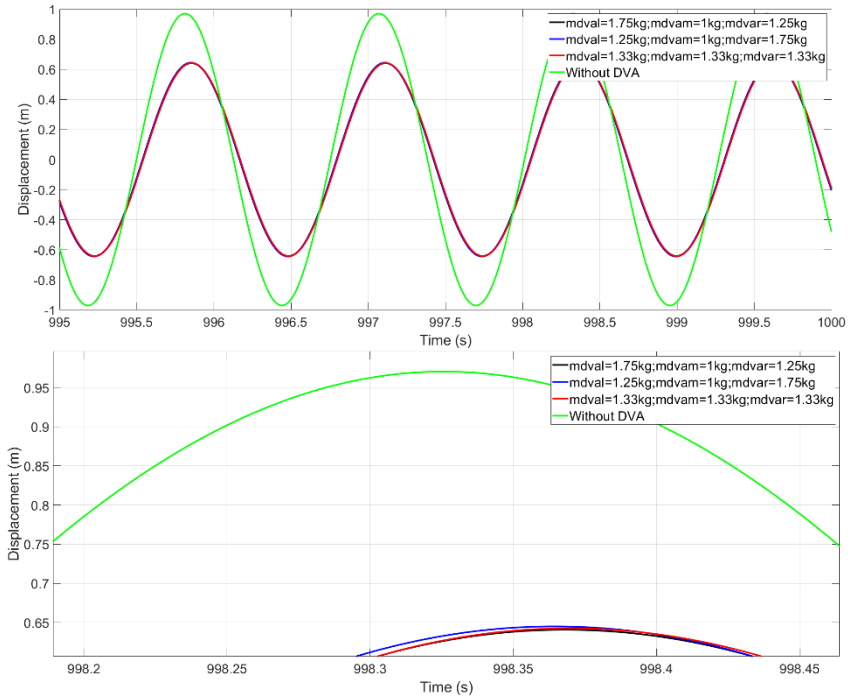
Tabel 5. Nilai amplitudo dan RMS respon *displacement* angular massa utama dengan variasi perbandingan jarak DVA.

No.	Variasi	Perbandingan Jarak DVA	Amplitudo Respon (rad)	RMS Respon (rad)
1	Tanpa DVA		0.4189	0.2962
2	1	1:2	0.4148	0.2933
3	2	1:3	0.4122	0.2914
4	3	1:4	0.4062	0.2872

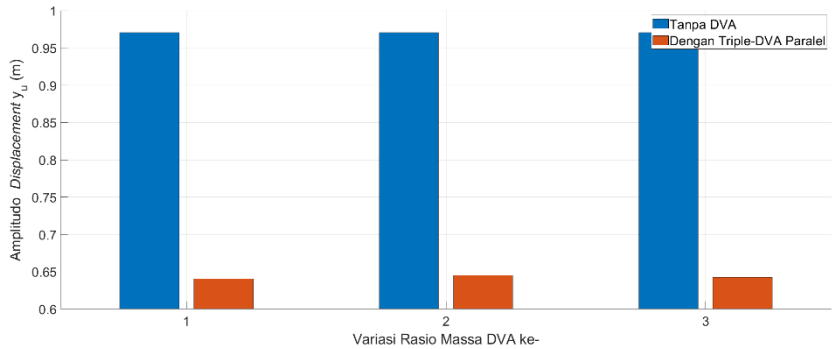
Dari gambar 5, 6, dan 7, dapat diketahui bahwa adanya *Triple*-DVA dapat mengurangi respon getaran angular. Selain itu, semakin jauh jarak DVA sisi kanan maka semakin kecil respon getaran angular tersebut. Hal ini dapat dilihat dari tabel 5 yang menunjukkan penurunan nilai amplitudo dan RMS respon angular dengan semakin jauhnya jarak DVA sisi kanan.

Dari gambar 8, 9, dan 10, dapat diketahui bahwa adanya *Triple*-DVA dapat mengurangi respon getaran vertikal. Selain itu, rasio massa DVA 7:4:5 memiliki respon getaran vertikal paling besar. Hal ini dapat dilihat dari tabel 6 yang menunjukkan nilai amplitudo dan RMS respon vertikal paling tinggi pada rasio massa DVA 7:4:5 tersebut.

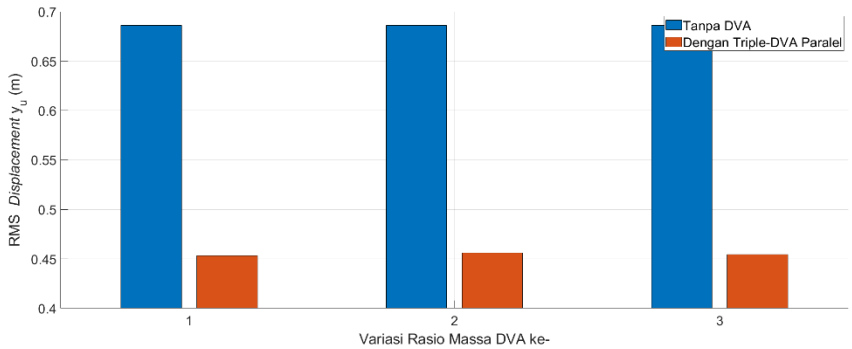
Dari gambar 11, 12, dan 13, dapat diketahui bahwa adanya *Triple*-DVA dapat mengurangi respon getaran angular. Selain itu, rasio massa DVA 7:4:5 memiliki respon getaran angular paling rendah. Hal ini dapat dilihat dari tabel 7 yang menunjukkan nilai amplitudo dan RMS respon angular paling rendah pada rasio massa DVA 7:4:5 tersebut.



Gambar 8. Respon *displacement* vertikal massa utama variasi perbandingan massa DVA.



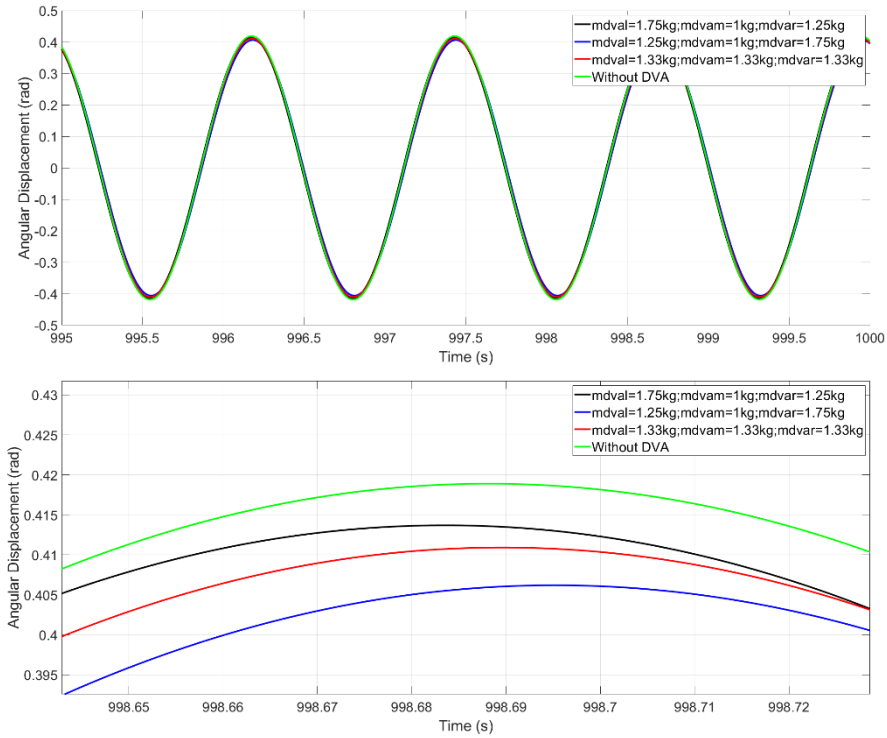
Gambar 9. Amplitudo respon *displacement* vertikal massa utama variasi perbandingan massa DVA.



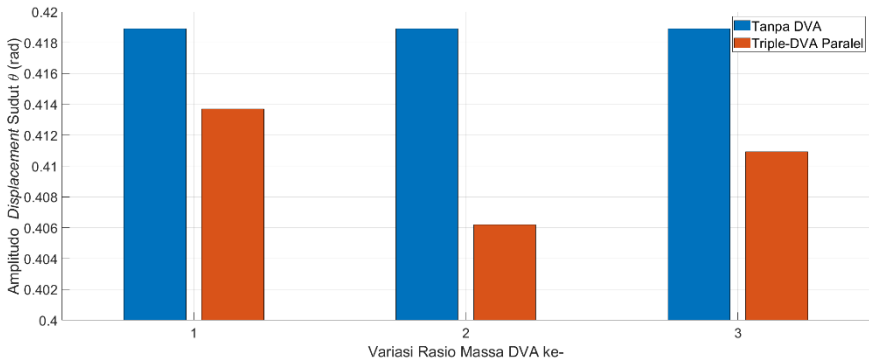
Gambar 10. RMS respon *displacement* vertikal massa utama variasi perbandingan massa DVA.

Tabel 6. Nilai amplitudo dan RMS respon *displacement* vertikal massa utama dengan variasi perbandingan massa DVA.

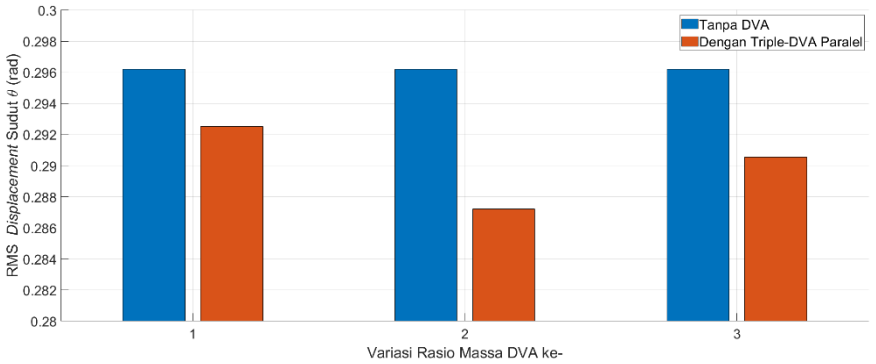
No.	Variasi	Perbandingan Massa DVA	Amplitudo Respon (m)	RMS Respon (m)
1	Tanpa DVA		0.9705	0.6862
2	1	5:4:7	0.6407	0.4531
3	2	7:4:5	0.6450	0.4561
4	3	4:4:4	0.6425	0.4544



Gambar 11. Respon *displacement* angular massa utama variasi perbandingan massa DVA.



Gambar 12. Amplitudo respon *displacement* angular massa utama variasi perbandingan massa DVA.



Gambar 13. RMS respon *displacement* angular massa utama variasi perbandingan massa DVA.

Tabel 7. Nilai amplitudo dan RMS respon *displacement* angular massa utama dengan variasi perbandingan massa DVA.

No.	Variasi	Perbandingan Massa DVA	Amplitudo Respon (rad)	RMS Respon (rad)
1	Tanpa DVA		0.9705	0.6862
2	1	5:4:7	0.4137	0.2925
3	2	7:4:5	0.4062	0.2872
4	3	4:4:4	0.4109	0.2906

Penurunan respon getaran terjadi dengan menambahkan *Triple*-DVA. Hal ini dapat dilihat dari nilai amplitudo dan RMS respon getaran yang lebih rendah dibandingkan sistem tanpa DVA. Respon getaran ini dalam arah translasi vertikal maupun arah angular atau rotasi. Penurunan respon getaran akibat penambahan DVA ini sesuai dengan hasil penelitian lain [10], [11]. Semakin jauh jarak DVA sisi kanan, semakin rendah respon getaran vertikal dan angular. Hal ini disebabkan semakin jauh jarak massa DVA semakin besar torsi yang bisa diberikan sebagai peredam dinamis arah rotasi dengan gaya sistem DVA yang sama. Penurunan getaran arah angular dari penambahan jarak DVA ini diikuti penurunan getaran arah vertikal. Respon getaran paling tinggi pada arah vertikal dan paling rendah pada arah angular pada rasio massa DVA 7:4:5. Hal ini disebabkan penempatan massa DVA yang tidak tepat pada pusat massa utama sehingga respon getaran vertikal tinggi. Namun penempatan massa DVA jauh dari pusat massa utama dapat memberikan torsi sistem DVA yang lebih besar sehingga respon getaran angular yang dihasil dapat lebih rendah. Selain itu, beda fase mempengaruhi getaran awal sebelum sistem dalam kondisi tunak sehingga ada perbedaan respon dengan perbedaan nilai massa di salah satu sisi DVA. Pada penelitian ini, eksitasi sisi kiri mendahulu sisi kanan dan massa sistem DVA sisi kiri lebih besar dibandingkan sisi kanan.

Penelitian berikutnya dapat dilakukan dengan meneliti karakteristik sistem getaran dengan *Triple*-DVA. Karakteristik ini dapat dilihat dengan meninjau grafik domain frekuensi. Frekuensi natural dan profil amplitudo respon pada berbagai nilai frekuensi dapat diamati. Hal ini dapat digunakan untuk mengetahui penerapan DVA yang lebih efektif pada frekuensi kerja eksitasi tertentu.

KESIMPULAN

Pada penelitian ini, sistem getaran utama diberi tiga sistem massa-pegas DVA yang dipasang secara paralel. Semakin jauh jarak DVA sisi kanan, semakin rendah respon getaran vertikal dan angular. Respon getaran paling tinggi pada arah vertikal dan paling rendah pada arah

angular pada rasio massa DVA 7:4:5. Penambahan massa di sistem DVA salah satu sisi dapat menurunkan respon angular sistem utama.

DAFTAR PUSTAKA

[1] S. S. Rao, *Mechanical Vibrations*, 5th ed. Upper Saddle River: Pearson Education, Inc, 2011.

[2] D. A. Patriawan, H. Irawan, A. Noerpamoengkas, B. Setyono, and A. Y. Ismail, "Definition, criteria and approaches in designing suspension system with active controls," *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 1010, no. 1, p. 012006, Jan. 2021.

[3] M. Farid, A. Noerpamoengkas, T. Mesin, T. Adhi, and T. Surabaya, "Studi Eksperimental Pengaruh Panjang Lengan Massa Pemberat Dan Panjang Lengan Magnet Terhadap Respon Pendulum Lengan Ganda Dengan Peredam Arus Eddy," *Prosiding SENASTITAN: Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan*, vol. 2, no. 0, pp. 367–372, Mar. 2022.

[4] Y. Fitri and Y. Susatio, "Simulasi Peredaman Getaran Mesin Rotasi Menggunakan Dynamic Vibration Absorber (DVA)," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 2, no. 2, pp. D108–D112, 2013.

[5] A. Rohman and H. L. Guntur, "Pengaruh Perubahan Posisi Sumber Eksitasi Dan Massa DVA Dari Titik Berat Massa Beam Terhadap Karakteristik Getaran Translasi Dan Rotasi," in *Seminar Nasional Inovasi Dan Aplikasi Teknologi Di Industri*, 2016, p. A.1.

[6] A. Lostari, "Simulasi Peredam Getaran TDVA dan DDVA Tersusun Seri terhadap Respon Getaran Translasi Sistem Utama," *Journal of Mechanical Engineering and Mechatronics*, vol. 2, no. 01, pp. 2017–2026, Jan. 2018.

[7] Susastro and N. I. Riani, "Optimizing vibration reduction in 2DOF system with change position of independent translational D-DVA," *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, vol. 9, no. 8, pp. 882–892, 2018.

[8] N. Indah Riani and Susastro, "PENGARUH PENAMBAHAN MASA dDVA (DUAL DYNAMIC VIBRATION ABSORBER) UNTUK MEREDAM GETARAN TRANSLASI DAN ROTASI PADA BEAM," *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*, vol. 0, no. 0, pp. 227–234, Sep. 2018.

[9] Susastro, I. S. Atmanto, and S. U. Handayani, "Vibration Response Characteristics of 2 DOF Systems with the Addition of Dual Translational Dynamic Vibration Absorber by the Experimental Approach," *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, vol. 10, no. 12, pp. 1–9, 2019.

[10] R. Ramadhan and A. Noerpamoengkas, "PEMODELAN DAN ANALISIS PENGARUH JARAK DAN MASSA DVA TERHADAP RESPON GETARAN MASSA UTAMA DENGAN TRIPLE-DVA TERSUSUN SERI," *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*, vol. 9, no. 1, pp. 478–484, Oct. 2021.

[11] A. Setiawan, A. Noerpamoengkas, T. Mesin, T. Adhi, and T. Surabaya, "Pemodelan dan Analisis Pengaruh Rasio Jarak dan Rasio Massa DVA Terhadap Respon Massa Utama dengan Dual-DVA Ganda," *Prosiding SENASTITAN: Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan*, vol. 2, no. 0, pp. 346–355, Mar. 2022.

[12] W. M. Fiqih and A. Noerpamoengkas, "PEMODELAN DAN ANALISIS PENGARUH JARAK DVA, KECEPATAN, DAN KEDALAMAN CELAH TERHADAP SIMPANGAN MAKSIMUM RESPON GETARAN PADA GERBONG KERETA API

ARAH ROTASI DAN TRANSLASI," *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*, vol. 9, no. 1, pp. 470–477, Oct. 2021.

[13] A. Lostari, H. L. Guntur, and W. Hendrowati, "Studi Perbandingan Pengaruh Penambahan SDVA Dan DDVA Tersusun Seri Terhadap Respon Getaran Translasi Sistem Utama," in *Seminar Nasional Teknik Mesin 10*, 2015, p. DS-23.

[14] E. Kusumadewayanti and H. L. Guntur, "Studi Pengaruh Massa Dan Perubahan Lengan Momen Dual Dynamic Vibration Absorber (DVA)-Independent Terhadap Respon Getaran Sistem Utama 2-DOF," in *Seminar Nasional Teknik Mesin 10*, 2015, p. DS-28.

[15] T. Machfuroh and H. L. Guntur, "Studi Pengaruh Penambahan Dual Dynamic Vibration Absorber (DDVA)-Dependent terhadap Respon Getaran Translasi dan Rotasi," in *Seminar Nasional Inovasi Dan Aplikasi Teknologi Di Industri*, 2016, p. A.37.

[16] S. Susastro, N. I. Riani, and A. F. H. Muhammad, "Karakteristik Respon Getaran Sistem 2 DOF Setelah Penambahan Independent Dual Translasional Dynamic Vibration Absorber," *JRST (Jurnal Riset Sains dan Teknologi)*, vol. 3, no. 1, pp. 27–33, Oct. 2019.

[17] N. Indah Riani *et al.*, "PENDEKATAN KARAKTERISTIK RESPON GETARAN SISTEM 2 DOF SETELAH PENAMBAHAN INDEPENDENT DUAL TRANSLASIONAL DYNAMIC VIBRATION ABSORBER," *SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 13, no. 1, pp. 1–7, Jun. 2019.

[18] S. Susastro and N. I. Riani, "Pendekatan Eksperimen Karakteristik Respon Getaran Sistem Two Degree of Freedom dengan Penambahan Independent Dual Dynamic Vibration Absorber," *R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal*, vol. 3, no. 2, pp. 85–90, May 2019.

[19] N. Irfani, A. Noerpamoengkas, I. Bagus, J. T. Mesin, T. Adhi, and T. Surabaya, "Studi Eksperimental Pengaruh Radius Lintasan dan Massa Bola Terhadap Respon Getaran Model Bangunan Berperedam Bola," in *Prosiding SENASTITAN: Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan*, Mar. 2021, vol. 1, no. 1, p. 415.

[20] R. Efendi, A. Noerpamoengkas, H. Syafik Maulana, P. Studi, and T. Mesin, "Studi Eksperimental Pengaruh Panjang Penyangga Magnet pada Getaran Batang dengan Eddy Current Tuned Mass Damper," *Jurnal Teknologi dan Manajemen*, vol. 2, no. 1, pp. 1–6, Mar. 2021.

[21] Susastro and H. L. Guntur, "Pengaruh Perubahan Posisi Massa SDVA Dari Titik Berat Masa Utama Terhadap Karakteristik Getaran Translasi & Rotasi Sistem Utama 2 DOF," in *Seminar Nasional Teknik Mesin 10*, 2015, p. DS-6.

[22] A. Noerpamoengkas and M. Ulum, "PEMODELAN GERAK PENDULUM VERTIKAL PADA KONVERTER ENERGI GELOMBANG BERINERSIA TAMBAHAN SAAT RESONANSI," *Jurnal IPTEK*, vol. 21, no. 1, pp. 61–68, May 2017.

[23] M. Ulum, A. Noerpamoengkas, G. Setyono, and Moch. R. Ariyansyah, "PEMODELAN DAN ANALISIS PENGARUH JUMLAH PENUMPANG DAN PERGESERAN PUSAT GRAVITASI TERHADAP RESPON DINAMIS TRANSIEN KENDARAAN," *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*, vol. 0, no. 0, pp. 267–272, 2017.