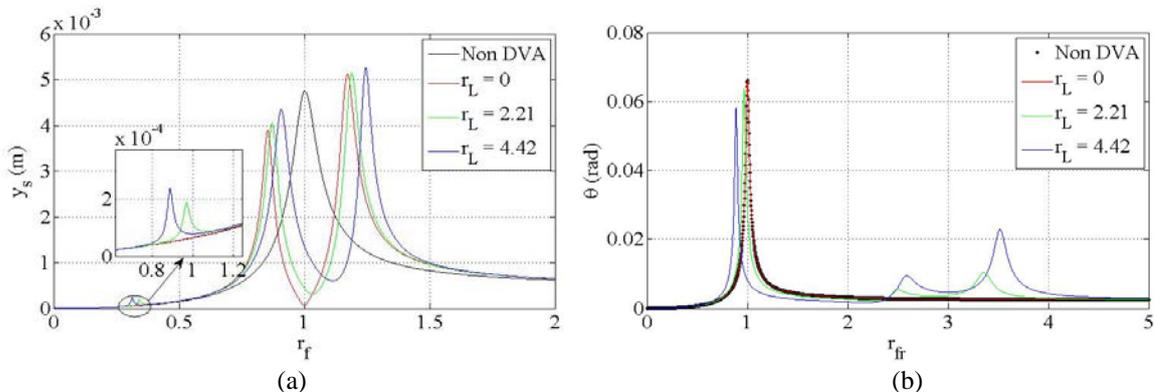


ini memiliki sifat yang sama dengan resonansi kedua dan ketiga untuk gerak translasi ketika diberikan masa absorber yang bervariasi. Semakin besar masa absorber yang diberikan, maka jarak r_{fr} antar resonansi kedua dan ketiga akan menjadi semakin lebar dan memiliki nilai RMS angular displacement yang juga semakin tinggi.

3.1 Perubahan Rasio Lengan



Gambar 4. Perubahan karakteristik dengan perubahan r_l untuk $m_a = m_s/10$ (a) Translasi (b) Rotasi

Agar dapat mengetahui pengaruh perubahan rasio lengan (r_l) untuk masa absorber yang sama maka dalam penelitian ini dilakukan perbandingan respon getaran untuk $m_a = \frac{1}{10}m_s$. Secara umum, dari grafik hasil simulasi yang ditampilkan pada gambar 4 (a) dan 4 (b) terdapat beberapa perbedaan antara grafik yang diperoleh ketika sistem tidak diberikan masa tambahan, sistem diberikan masa tambahan pada posisi pusat masanya dan sistem diberikan masa tambahan tidak pada pusat masanya. Beberapa perbedaan itu diantaranya adalah seperti jumlah frekuensi natural teredam (ω_d) yang tampak pada grafik, jarak antar resonansi, besarnya respon getaran pada saat resonansi terjadi, dan range frekuensi dimana terjadi penurunan respon getaran.

Penambahan masa DVA pada sistem utama tentu menambah jumlah derajat kebebasan dan frekuensi natural teredam dari sistem utama. Saat sistem diberi frekuensi yang sama dengan ω_d ini maka sistem akan menunjukkan respon getaran yang maksimum (resonansi). Sebagaimana dalam grafik hasil simulasi, pemberian masa absorber pada pusat masa sistem utama ($r_l = 0$) berakibat pada bertambahnya jumlah resonansi dari *displacement* menjadi 2 buah, yang mana terjadi pada $r_f = 0,8571$ dan $r_f = 1,168$. Sementara untuk *resonansi* dari *angular displacement* tetap berjumlah satu buah sebagaimana terlihat oleh grafik berwarna merah pada gambar 4 (b) dan terjadi pada rasio frekuensi yang sama dengan ketika sistem tanpa DVA. Perbedaan jumlah ω_d antara hasil simulasi pada arah translasi dan rotasi ini diakibatkan oleh tidak terkopelnya antara gerak translasi dan rotasi.

Tidak terkopelnya antara gerak translasi dan rotasi dari sistem utama dengan DVA juga dapat dibuktikan secara matematis dengan menggunakan matrix *eigen value* dari sistem. Dalam kasus ini nilai lengan momen (b) adalah nol, sehingga nilai $k_a \cdot b$ menjadi nol pula. Untuk $k_a \cdot b$ dengan nilai nol pada matrix *eigen value* dapat diartikan bahwa gerak translasi sistem utama hanya dipengaruhi oleh gerak translasi dari masa *absorber*, namun tidak dipengaruhi oleh gerak rotasi dari sistem utama. Begitu pula berlaku sebaliknya untuk gerak rotasi sistem utama sehingga diperoleh sebuah resonansi untuk *angular displacement*.

Untuk sistem utama dengan masa *absorber* yang tidak lagi diletakan pada pusat berat sistem utama maka nilai $k_a \cdot b$ tidak lagi bernilai nol, sehingga sistem menjadi terkopel secara statis. Terkopelnya sistem secara statis berakibat pada jumlah resonansi yang diperoleh pada gerak translasi sama dengan jumlah resonansi pada arah rotasi. Resonansi *displacement* untuk nilai $r_l = 2,21$ terjadi pada $r_f = 0,3445$; $r_f = 0,8739$; dan $r_f = 1,193$. Sedangkan untuk $r_l = 4,42$ terjadi pada $r_f = 0,3109$; $r_f = 0,9075$ dan $r_f = 1,244$. Respon *angular displacement* maksimum dengan $r_l = 2,21$ terjadi pada $r_{fr} = 0,976$; $r_{fr} = 2,499$ dan $r_{fr} = 3,357$, sedangkan untuk $r_l = 4,42$ terjadi pada $r_{fr} = 0,8808$; $r_{fr} = 2,595$ dan $r_{fr} = 3,525$.

Dari grafik hasil simulasi juga ditunjukkan bahwa semakin besar rasio lengan momen (r_l) yang diberikan maka resonansi pertama akan berada pada frekuensi yang lebih rendah. Sedangkan untuk resonansi kedua dan ketiga justru akan berada pada rasio frekuensi yang tinggi ketika rasio lengan momen yang diberikan semakin besar. Dengan demikian jarak antara resonansi kedua dan pertama akan menjadi semakin lebar seiring dengan bertambahnya rasio lengan yang diberikan. Hal ini berlaku baik untuk respon *displacement* maupun *angular displacement*.

Apabila dibandingkan dari kedua grafik (gambar 4.a dan 4.b) adanya perubahan rasio lengan momen (r_l) selain merubah letak dan jumlah dari resonansi, ternyata juga dapat merubah besarnya RMS respon saat resonansi tersebut terjadi. Pada gambar 4.9 terlihat bahwa semakin besar nilai r_l yang diberikan maka nilai RMS *displacement* yang terjadi untuk setiap resonansi sistem yang terjadi akan semakin tinggi. Kondisi ini berlaku baik untuk resonansi yang pertama, kedua maupun ketiga. Adapun nilai RMS *displacement* pada saat resonansi pertama untuk nilai $r_l = 2,21$ dan $r_l = 4,42$ masing- masing adalah 0,0001718 m dan 0,0002107 m. Untuk resonansi kedua nilai RMS *displacement* pada $r_l = 2,21$ dan $r_l = 4,42$ masing-masing adalah 0,004046 m dan 0,004357 m. Sedangkan untuk resonansi ketiga, perubahan nilai r_l

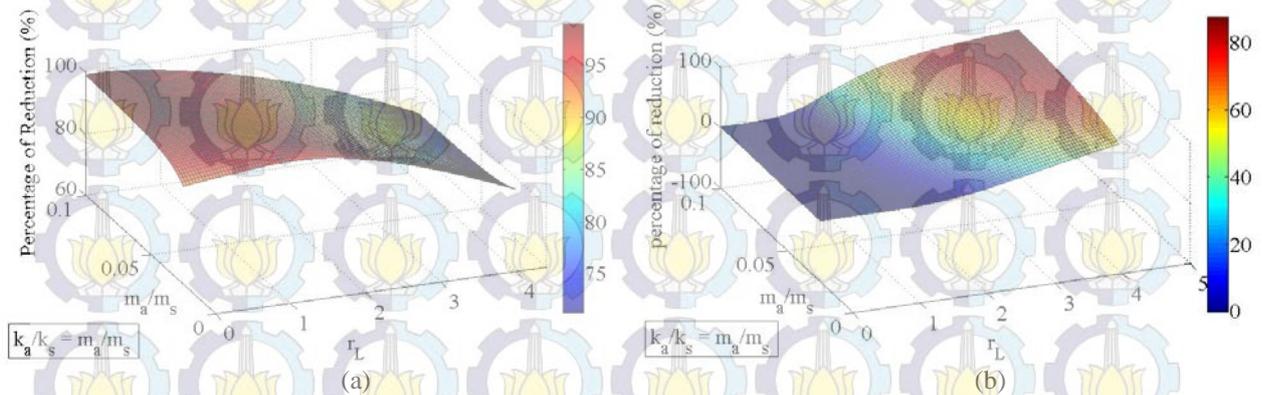
dari 2,21 menjadi 4,42 merubah nilai RMS displacement dari 0,005104 m menjadi 0,005254 m.

3.3 Pengurangan Getaran

Dalam pembahasan sebelumnya terlihat bahwa penambahan masa absorber mampu mengurangi getaran translasi pada rasio frekuensi $r_f = 1$. Pengurangan getaran arah rotasi lebih dikarenakan oleh timbulnya antiresonansi pada daerah resonansi sistem tanpa DVA. Sedangkan pada arah rotasi penurunan getaran lebih dikarenakan oleh bergesernya resonansi sistem kepada r_{fr} yang lebih rendah, sehingga terjadilah pengurangan getaran pada $r_{fr} = 1$. Setiap perubahan dari masa absorber dan rasio lengan yang diberikan juga mengakibatkan besar penurunan yang berbeda pada gerak translasi maupun rotasi sistem.

Gambar 5 (a) merupakan grafik pengurangan getaran translasi pada rasio frekuensi translasi 1, dengan perubahan rasio lengan momen dan perubahan masa absorber. Dari gambar tersebut terlihat bahwa pada r_l yang besar, prosentase pengurangan getaran translasi menjadi semakin tinggi apabila diberikan masa absorber yang lebih kecil. Namun untuk r_l yang semakin besar, maka prosentase pengurangan getaran translasi optimum terjadi ketika diberikan masa absorber yang lebih besar.

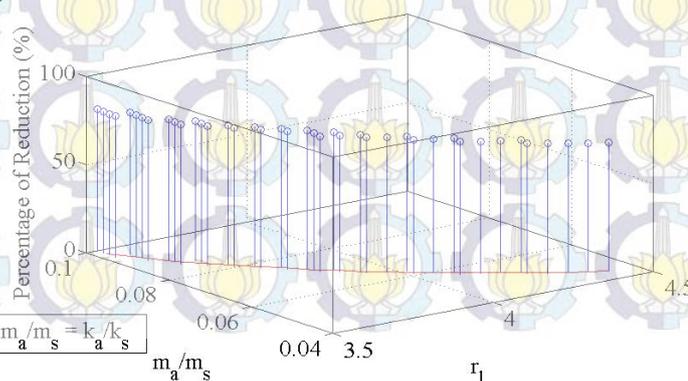
Pada masa absorber sebesar $m_s/40$, reduksi getaran optimum terjadi pada $r_l = 0,34$ dengan besar reduksi getaran translasi sebesar 94,77%. Dengan semakin besarnya masa absorber yang diberikan maka titik optimum pengurangan getaran translasi menjadi semakin bergeser kepada rasio lengan momen yang lebih kecil. Pengurangan getaran translasi tertinggi terjadi untuk masa absorber sebesar $m_s/10$, yang terjadi pada $r_l = 0,04$ dengan nilai reduksi getaran sebesar 98,82%.



Gambar 5. Pengurangan getaran translasi (a) rotasi (b)

Grafik pengurangan getaran rotasi pada rasio frekuensi rotasi 1, dengan perubahan rasio lengan momen dan perubahan masa absorber ditunjukkan sebagaimana gambar 5 (b). Untuk pemberian lengan momen nol pemberian masa sebesar apapun tetap tidak terjadi penurunan getaran rotasi sistem. Hal ini dikarenakan tidak terkopelnya antara gerak translasi dan rotasi sistem, sehingga pemberian masa absorber tidak berpengaruh sama sekali terhadap getaran rotasi. Dari gambar tersebut terlihat bahwa prosentase pengurangan getaran arah rotasi akan semakin tinggi dengan semakin besarnya rasio lengan dan masa absorber yang diberikan. Adapun pengurangan getaran rotasi yang paling optimum dari hasil simulasi yang dilakukan ini adalah sebesar 95,71% yang terjadi saat sistem diberikan masa absorber sebesar $m_s/10$ pada $r_l = 1$.

3.3 Optimasi Pengurangan Getaran



Gambar 6. Optimasi pengurangan getaran translasi-rotasi



Untuk mengetahui penurunan getaran yang optimum untuk getaran translasi sekaligus rotasi, maka dilakukan perpotongan antara grafik surface yang didapatkan pada gambar 5 (a) dan 5 (b). Dari proses perpotongan ini diperoleh sebuah garis yang merupakan gabungan dari titik-titik yang memiliki nilai prosentase penurunan getaran terbaik untuk gerak translasi sekaligus rotasi, sebagaimana dalam gambar 6. Titik-titik pada gambar 6 ini memiliki besar penurunan getaran yang terjadi adalah antara 72% hingga 82%. Dari tersebut juga terlihat bahwa penurunan getaran terbaik terjadi saat sistem diberikan masa absorber sebesar $m_s/10$ dengan posisi peletakan absorber pada $r_l = 3,5$. Adapun penurunan translasi dan rotasi yang diperoleh pada posisi ini adalah sebesar 80,533%.

4. Kesimpulan

- Penurunan getaran maksimum pada resonansi mode pertama ($r_f=1$) adalah sebesar 87,51% yang terjadi saat sistem diberikan masa absorber sebesar $m_s/10$ dengan $r_l = 4,42$.
- Penurunan getaran maksimum pada resonansi mode kedua ($r_f=1$) adalah sebesar 98,8% yang terjadi saat sistem diberikan masa absorber sebesar $m_s/10$ dengan $r_l = 0$.
- Penurunan getaran translasi dan rotasi yang paling optimum adalah sebesar 80,5% yang terjadi saat sistem diberikan masa absorber sebesar $m_s/10$ dengan $r_l = 3,5$.
- Berdasar hasil simulasi yang dilakukan ditunjukkan daerah pengurangan getaran translasi menjadi semakin lebar bila masa yang diberikan semakin besar.

Ucapan terimakasih kepada beasiswa *fresh graduate* ITS yang telah memberikan sumber dana bagi penulis selama menempuh program magister.

5. Daftar Pustaka

- [1] Samani, Farhas S.2010. "Vibration reduction of beam under successive traveling loads by mean of linear and nonlinear absorber". Science Direct Journal Sound and Vibration. 2273-2290.
- [2] Krenk, Steen.2013. "tuned mass absorber on a fleksible structure". Science Direct Journal Sound and Vibration. 1577-1595
- [3] wong w.o. 2007 "design of a dynamic vibration absorber for vibration isolation of beam under point of distribution". Science direct journal of sound and vibration 898-908.
- [4] Latas, Weldemar. 2014. Optimum Tuning of the Tunable Translational-Rotational Dynamic Absorber in Global Vibration Control Problem in Beam. Journal of Civil Engineering, Environment and Architecture. 107-118.
- [5] Najafi, M. 2009. Optimation design of beam vibration absorber under point harmonic excitation. IEEE proceeding.