PENGARUH DIAMETER LUBANG, RASIO PERFORASI DAN SAMBUNGAN ANTAR PANEL TERHADAP FREKUENSI NATURAL PANEL BERLUBANG GANDA

Ahmad Yusuf Ismail[1], Miftahul Ulum[2] dan Ardi Noerpamoengkas[3]

[1,2,3]Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri,
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
[1]*e-mail: yusuf@itats.ac.id*

ABSTRACT

This paper presents a study on the effect of hole diameter, perforation ratio and mechanical link on the natural frequency of a double perforated panel. This is an extension study of the previous single solid panel and perforated panel natural frequency where the panel is now made as a double. A simply supported 15 x 15 cm Aluminum panel with 2 mm thickness was made as a base model. The hole diameter of the panels were varied from 1 to 3 mm, the perforation ratio were also varied from 0,5 to 2%. Additionally, the effect of panel connections using mechanical link is also briefly discussed. The natural frequency was obtained from Autodesk Inventor Simulation software from 1st to 5th natural frequencies. The result shows that the natural frequency of a double perforated panel is considerably depends on the hole diameter and perforation ratio, while the mechanical connection between panels only gives slight effect to the panel natural frequencies.

Keyword: *Natural frequency, double panel, perforated panel.*

ABSTRAK

Penelitian ini memberikan penjelasan tentang pengaruh diameter lubang, rasio perforasi dan sambungan antar panel terhadap frekuensi natural dari sebuah panel berlubang ganda. Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan dari penelitian sebelumnya tentang frekuensi natural dari sebuah panel tunggal pejal dan berlubang dimana di dalam penelitian ini digunakan panel ganda. Sebuah panel alumunium berukuran 15 x 15 cm dengan tebal 2 mm digunakan sebagai model dasar panel ganda. Diameter lubang di panel divariasikan mulai 1 sampai 3 mm, rasio perforasi divariasikan mulai 0,5 sampai 2%. Sebagai tambahan, pengaruh sambungan diantara panel ganda juga didiskusikan secara ringkas. Nilai frekuensi natural didapatkan dari simulasi di dalam perangkat lunak Autodesk Inventor mulai frekuensi pertama sampai ke lima. Hasil yang didapat dari penelitian ini adalah bahwa frekuensi natural panel berlubang ganda sangat dipengaruhi oleh diameter lubang dan rasio perforasi, sementara sambungan antar kedua panel hanya memberikan sedikit pengaruh kepada nilai frekuensi natural.

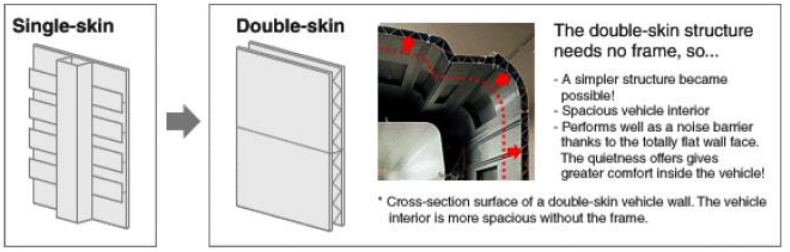
Kata kunci: Frekuensi natural, panel ganda, panel berlubang.

PENDAHULUAN

Panel ganda adalah struktur kombinasi antara dua panel tunggal yang ditandem menjadi satu. Struktur ini sudah banyak digunakan di berbagai aplikasi di dunia industri, beberapa contohnya adalah pada struktur bodi pesawat (*fuselage*) dan struktur bodi keretea api supercepat Shinkasen [1]. Fungsi utama dari penggunaan struktur panel ganda ini adalah memberikan kekuatan yang relatif lebih besar bila dibandingkan dengan struktur panel tunggal. Disamping itu struktur ini juga memiliki kelebihan dari sisi performa akustik, yaitu mampu memberikan redaman suara dua kali lebih efektif daripada sistem panel tunggal.

Sedangkan struktur panel yang berlubang juga telah menarik minat para peneliti. Panel berlubang sudah banyak dijumpai pada komponen permesinan baik itu sebagai penutup mesin (*enclosure*) maupun sebagai struktur utama mesin itu sendiri, seperti pada batang kantilever. Sama dengan temuan pada panel ganda, panel berlubang juga ternyata memiliki kelebihan dari

segi performa akustik terlebih jika lubang pada panel dibuat berukuran mikro atau kurang dari 1 milimeter.



Gambar 1. Contoh penggunaan panel ganda pada struktur bodi kereta api [1].

Meskipun demikian, mayoritas penelitian yang sudah ada baik panel ganda maupun panel berlubang, hanya terbatas pada penelitian yang berkaitan dengan performansi peredaman suara saja, baik itu di struktur kendaraan, pesawat maupun bangunan. Penelitian mengenai kekuatan struktur panel ganda dari sudut pandang performansi getaran masih belum ada, padahal getaran merupakan salah satu aspek penting dalam struktur permesinan. Oleh karena itu, di dalam penelitian ini disajikan sebuah kajian tentang performa struktur panel berlubang ganda yang dilihat dari sudut pandang getaran. Secara lebih spesifik, penelitian ini memberikan fokus kepada frekuensi natural yang dimiliki oleh struktur panel berlubang ganda tersebut, dimana frekuensi natural merupakan nilai kritis yang penting yang harus diperhatikan oleh para desainer komponen permesinan.

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian mengenai panel berlubang pernah dilakukan oleh Putra dan Ismail [2] yang bertujuan untuk meningkatkan performa penyerapan bunyi dari panel berlubang ganda. Penelitian tersebut dilakukan dengan cara menjadikan panel berlubang mikro sebagai panel belakang dari panel ganda. Dari hasil yang didapatkan, panel berlubang mikro dapat meningkatkan performa penyerapan bunyi dari struktur panel ganda terutama pada frekuensi rendah. Temuan ini sangat penting karena frekuensi rendah merupakan frekuensi yang sering menimbulkan masalah di bidang kebisingan dan getaran. Penelitian ini kemudian dilanjutkan secara lebih terpusat kepada pengaruh dari diameter lubang dan rasio perforasi yang juga diketahui sangat berpengaruh kepada performa penyerapan bunyi [3].

Dari segi kekuatan struktur, penelitian tentang panel berlubang pernah dilaksanakan oleh Burgemesiter dan Hansen [4] yang menganalisis frekuensi natural dari sistem panel berlubang tunggal. Tetapi, penelitian tersebut hanya terbatas kepada panel tunggal saja. Penelitian ini kemudian dilanjutkan oleh penulis artikel ini yang memasukkan lubang mikro ke dalam parameter penelitian [5]. Hasil yang dapat diambil dari kedua penelitian di atas adalah hampir sama, yaitu peningkatan diameter lubang akan menggeser frekuensi natural ke arah frekuensi yang lebih rendah. Hal ini sangat bermanfaat dalam hal modifikasi desain permesinan yang seringkali memerlukan efisiensi berat komponen. Penulis juga telah melanjutkan penelitian ini dengan cara mengkombinasikan lubang makro dan mikro dalam satu panel yang sama, dimana hasil pergeseran nilai frekuensi natural yang lebih efektif telah didapatkan [6]. Selain dari penelitian di atas, jika dilihat dari segi penggunaan praktikal, panel berlubang juga didapati mampu berfungsi baik sebagai salah satu struktur di bidang teknologi nuklir [7].

METODE

Model

Sebuah panel alumunium berukuran 15 x 15 cm memiliki tebal 2 mm dibuat di dalam Autodesk Inventor sebagai model dasar. Panel tersebut kemudian di duplikasi dan diberikan lubang secara merata untuk membuat strutur panel berlubang ganda seperti yang tampak pada Gambar 2.

Lubang pada panel dibuat secara merata pada permukaan panel dengan struktur *square array*. Diameter lubang dan rasio perforasi divariasikan mulai dari 1 sampai 3 mm dan 0,5 sampai 2%. Rasio performasi merupakan perbandingan antara jumlah total luas lubang dibagi dengan luas panel keseluruhan. Sebagai tambahan, pengaruh sambungan atau konektor antar panel juga dikaji. Seluruh model dan variasinya dirangkum dalam Tabel 1.

Tabel 1. Model

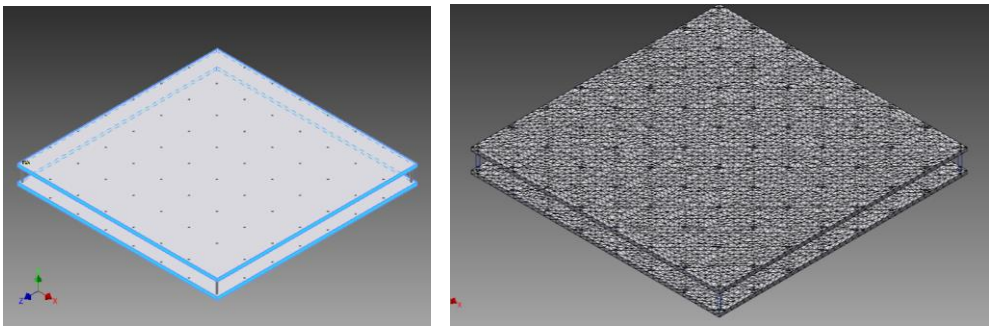
Model ke-	Diameter Lubang (mm)	Rasio Perforasi (%)	Jarak antar panel (mm)
1	1,5	0,5	10
2	2	0,5	10
3	2,5	0,5	10
4	3	0,5	10
5	3	1	10
6	3	2	10
7	1,5	0,5	10+konektor

Simulasi

Tabel 2 menunjukkan parameter yang digunakan dalam model termasuk *mesh properties*. Sedangkan simulasi dilakukan menggunakan *frequency analysis* di dalam perangkat lunak Autodesk Inventor Simulation. Gambar 2 juga menujukkan model *meshing* untuk panel berlubang ganda.

Tabel 2. Parameter model dan *mesh*

Material	Aluminum 6061	
General	Mass density	0,0975437 lbmass/in^3
	Yield Strength	39885,4 psi
	Ultimate Tensile Strength	44961,7 psi
Stress	Young's Modulus	9993,1 ksi
	Poisson's Ratio	0,33 ul
	Shear Modulus	3756,8 ksi
Avg Element Size	0,1	
Min. Element size	0,5	
Grading factor	1,6	
Max. Turn Angle	60 deg	



(a) (b)

Gambar 2. (a) Model panel berlubang ganda di Autodesk Inventor dan (b) *Mesh*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh diameter lubang

Tabel 3. Pengaruh diameter lubang terhadap natural frekuensi

Nat. Frek ke-	Dia. Lubang 15 mm	Dia. Lubang 20 mm	Dia. Lubang 25 mm	Dia. Lubang 30 mm
1	783,72	781,01	778,12	775,03
2	783,89	780,06	778,53	775,10
3	1595,13	1590,27	1583,57	1577,57
4	1595,41	1590,44	1583,72	1577,63
5	1595,58	1590,73	1585,03	1577,8

Dari hasil simulasi didapat bahwa semakin besar diameter lubang, maka frekuensi natural akan bergeser ke arah nilai yang lebih rendah, dan berlaku untuk frekuensi natural pertama sampai ke lima. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya [7] dimana dijelaskan bahwa semakin besar diameter lubang akan mereduksi besaran massa panel secara keseluruhan. Oleh karena frekuensi natural sangat bergantung kepada massa dan kekakuan benda, maka dengan menambah besar diameter lubang akan memberikan efek yang besar kepada nilai frekuensi natural.

Pengaruh rasio perforasi

Tabel 4. Pengaruh rasio perforasi terhadap natural frekuensi

Nat. Frek ke-	Rasio Perforasi 0,5%	Rasio Perforasi 1%	Rasio Peforasi 2%
1	775,03	767,46	747,3
2	775,1	767,57	747,42
3	1577,57	1562,68	1521,6
4	1577,63	1562,74	1521,84
5	1577,8	1562,78	1521,93

Hasil yang sama didapatkan untuk pengaruh rasio perforasi. Semakin besar rasio perforasi, nilai frekuensi natural juga akan bergeser ke arah lebih rendah. Memperbesar rasio perforasi dapat

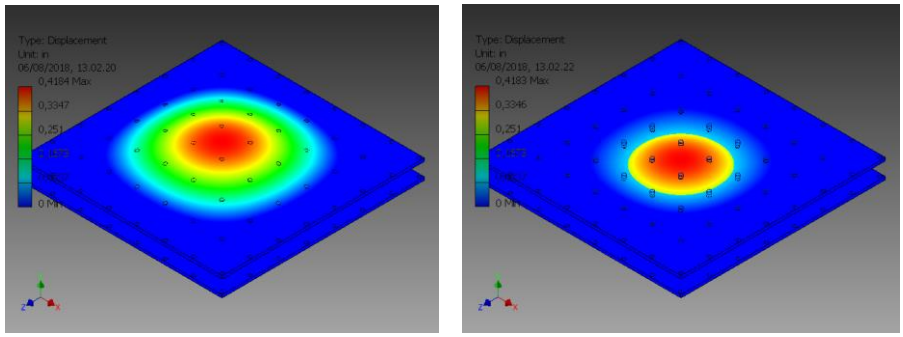
bermakna menambah jumlah lubang di dalam panel. Dengan bertambahnya rasio perforasi, maka massa panel akan sangat tereduksi bahkan secara lebih signifikan, sehingga sangat berpengaruh kepada nilai frekuensi natural. Fenomena ini dapat dilihat dari penurunan nilai frekensi yang lebih besar jika dibandingkan dengan penurunan pada pembahasan pengaruh diameter lubang. Penelitian sebelumnya [6,7] juga memberikan hasil yang sama dan sepadan. Walaupun begitu, nilai rasio perforasi perlu divariasikan lebih lanjut untuk mendapatkan titik kritis nilai frekuensi natural.

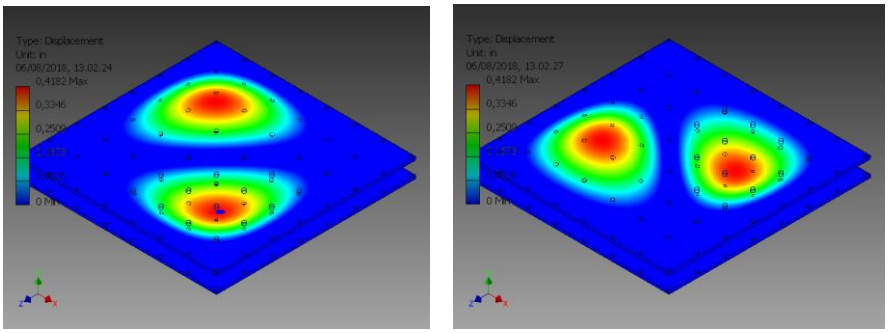
Pengaruh sambungan antar panel

Tabel 5. Pengaruh sambungan terhadap natural frekuensi

Nat. Frek ke-	Tanpa sambungan	Dengan Sambungan
1	783,72	783,53
2	783,89	783,61
3	1595,13	1595,64
4	1595,41	1595,75
5	1595,58	1595,85

Hasil yang berbeda didapatkan untuk pengaruh sambungan antar panel. Penambahan sambungan dalam struktur panel ganda hanya memberikan sedikit perubahan kepada nilai frekuensi natural, bahkan perbedaan nilanya bisa dianggap diabaikan karena sangat kecil. Hal ini disebabkan karena faktor yang lebih berpengaruh kepada panel ganda bukan pada sambungannya melainkan perambatan gelombang di ruang kosong antara dua panel. Juga dikarenakan kondisi batas pada saat simulasi yang menjadikan ujung setiap panel menjadi *fixed boundary*, sehingga secara fungsi hampir sama dengan sambungan. Disamping secara geomteri, sambungan antar panel ini hanya menambah sedkit massa panel secara keseluruhan. Gambar 4 menunjukkan contoh frekuensi natural dan bentuk *mode* yang timbul pada panel berlubang ganda.





Gambar 4 Frekuensi natural 1 sampai 4 dan bentuk *mode*

KESIMPULAN

Dari penelitian ini didapatkan bahwa diameter lubang dan rasio perforasi merupakan dua faktor yang sangat menentukan nilai frekuensi natural daripada panel berlubang ganda. Selaras dengan hasil penelitian panel berlubang tu nggal sebelumnya, dengan memodifikasi lubang dari panel ini dapat memberikan berbagai alternatif bagi desainer komponen permesinan untuk dapat menghindari getaran yang tidak diinginkan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] T. Wajima *et al.*, "Latest system technologies for railway electric cars," *Hitachi Review*, vol. 54, p. 161, 2017.

[2] A. Putra *et. al.*, "Sound transmission loss of a double-leaf partition with micro-perforated plate insertion under diffuse field of incidence," *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*, vol. 7, p. 1086, 2013.

[3] A. Putra *et. a*l., "Normal incidence of sound transmission loss from perforated plates with micro and macro sizes holes, " *Advances in Acoustics and Vibration*, vol. 2014.

[4] K. A. Burgemeister, *et. al*. "Calculating resonance frequencies of perforated panels, "*Journal of Sound and Vibration*, vol. 196, no. 4, p. 387, 1996.

[5] A. Y. Ismail and A. Ahmad, "Simulation study on the modal analysis of perforated plates," *Proceedings of Mechanical Engineering Research Day {MERD 2016)*, no. 4, p. 387, 2016.

[6] A. Y. Ismail, *et. al.*, "Effect of micro size holes addition on the natural frequency of perforated plate," *Journal of Advance Resaerch in Applied Science and Engineering Technology*, vol. x, no x, p. 1, 2018

[7] Jeong, *et. al*., "Free vibration analyss of partially perforated circular plates," *Procedia Engieering*, vol. 199, p. 182, 2017.