

Pengaruh Perubahan Bentuk Bead Panel Kendaraan terhadap Frekuensi Alamiyah pada Kondisi Batas Bebas-Bebas

Sukanto^{1)*}, I Made Miasa²⁾, R. Soekrisno²⁾

¹⁾Staff Pengajar pada Politeknik Manufaktur Bangka Belitung,
Jl. Air Kantung Sungailiat Bangka
Email: sukantohasibuan@yahoo.co.id

²⁾ Staff Pengajar pada Jurusan Teknik Mesin dan Industri,
Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika no 2, Yogyakarta 55281

Abstrak

Setiap kendaraan perlu dinding, baik atap maupun lantai. Dinding yang polos biasanya mudah bergetar. Untuk mengurangi getaran perlu dibuat kaku dengan cara penambahan beberapa bentuk alur atau bentuk bead. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh stiffness panel terhadap peningkatan frekuensi alamiyah pada panel kendaraan. Penelitian ini menggunakan pendekatan ekperimental dengan prinsip meningkatkan kekakuan panel melalui rekayasa pembentukan logam secara mekanis. Material pelat baja ASTM A 29 didisain secara manual sehingga memiliki bentuk pola bead tertentu. Panel berpola bead tersebut didisain dengan memiliki total volume yang sama, dengan tebal pelat yang digunakan adalah 1,2 mm dan ukuran spesimen adalah 530 mm x 530 mm. Selanjutnya spesimen panel diukur pada kondisi bebas-bebas. Spesimen diberikan eksitasi sehingga nilai frekuensi alamiyahnya terekam pada piranti instrument pengukur getaran yang dilengkapi program berbasis LabView. Hasil penelitian ini adalah dengan pembuatan pola bead pada panel kendaraan, frekuensi alamiyah panel dapat meningkat mulai dari 2 kali sampai dengan 4 kali, dibandingkan dengan panel datar tanpa bead. Peningkatan rasio frekuensi alamiyah tiga panel yang paling tinggi dicapai pada panel berbentuk thirteen-plus bead, panel berbentuk thirteen-square bead dan panel berbentuk nine-plus bead, yaitu berturut-turut 636,6 Hz, 258,62 Hz dan 248,79 Hz dari 156,6 Hz panel tanpa bead.

Kata kunci: Getaran, panel bead, frekuensi alamiyah, dan kekakuan.

Abstract

Each vehicle needs wall, both the roof and the floor. The plain wall is usually easy to vibrate so to reduce vibrations need to be made rigid by the addition of some form of groove or bead form. The purpose of this study was to determine the effect of the increase in panel stiffness at the natural frequency of the vehicle panel. This study uses an experimental approach to the principle of increasing the rigidity of the panel through mechanical engineering metal forming. Steel plate ASTM A 29 designed manually so that it has a certain shape bead patterns. The bead-patterned panels designed to have the same total volume, with plate thickness used is 1.2 mm and the size of the specimen is 530 mm x 530 mm. Furthermore, the panel specimens measured at the free condition. Specimens are given excitation so that the value of the natural frequency of the measuring instrument recorded on devices incorporating vibration Lab View based program. Results of this study was to manufacture bead pattern on the vehicle panel, the natural frequency of the panel can be increased from 2 times to 4 times, compared with a flat panel without bead. Increased natural frequency ratio of the three panels are the highest achieved in thirteen-plus bead panel, thirteen-square bead panel and nine-plus bead panel, respectively 636.6 Hz, 258.62 Hz and 248.79 Hz from 156.6 Hz without bead panel.

Keywords: Vibration, panel bead, natural frequency and stiffness.

1. PENDAHULUAN

Menurut Han et al., [1] panel merupakan salah satu pemicu kebisingan frekuensi rendah (20-200 Hz) pada kendaraan. Untuk itu diperlukan metode untuk mengurangi kebisingan dengan menemukan sumber getaran dan kontribusi panel terhadap getaran kendaraan. Diveyev et al. [2] meneliti pengaruh lapisan luar komposit sandwich terhadap perubahan kekakuannya. Getaran berlebih pada panel dapat dikurangi dengan cara meningkatkan kekakuan panel. Kekakuan sebuah

*Penulis korespondensi: HP: 071793586
Email: sukantohasibuan@yahoo.co.id

panel dipengaruhi oleh dimensi, geometris dan modulus elastisitas material [3]. Selain itu parameter lengkungan pada pelat juga dapat meningkatkan kekakuan pelat [4]. Frekuensi alamiah pelat berombak (embossing pattern) dengan ditumpu sederhana dapat meningkat sepuluh kali lebih besar dibandingkan dengan pelat rata. Nancy et al. [5] dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa bentuk dan distribusi pengaku dengan spot welded stiffener memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap frekuensi alamiah dan bentuk mode pelat. Tegangan sisa yang dihasilkan pada masing-masing nugget memiliki pengaruh yang signifikan terhadap frekuensi alamiah pelatnya, dimana frekuensi alamiah meningkat ketika tegangan sisa mengalami inklusi. Suatu metode baru juga telah diteliti dan dikembangkan oleh Thinh dan Khoa [6] yaitu elemen pelat segiempat yang diperkaku dengan sembilan nodal sangat efektif untuk menganalisa getaran pada lapisan pelat komposit baik pelat tipis maupun tebal.

Pada kondisi pelat prisma (a = b), frekuensi mode terendah dan yang lebih tinggi pada pelat yang bergetar [7] adalah:

$$f_n = \frac{\alpha_n}{a \cdot b} \sqrt{\frac{D}{\rho h}} = \frac{\alpha_n}{a^2} \sqrt{\frac{D}{\rho h}} \quad (1)$$

α_n adalah sebuah konstanta yang tergantung pada mode getaran pelat. Nilai konstanta α_n pada tiga mode terendah adalah $\alpha_1 = 14,10$, $\alpha_2 = 20,56$ dan $\alpha_3 = 24,91$.

Getaran yang terjadi pada kendaraan dapat menjadi sangat berbahaya ketika terjadi resonansi yaitu besarnya frekuensi sumber rangsangan sama dengan salah satu frekuensi alamiah sistem struktur kendaraan. Akibat osilasi yang besar pada resonansi tersebut dapat merusak struktur kendaraan secara keseluruhan. Selain itu panel yang bergetar akan mengakibatkan kebisingan dan ketidaknyamanan dalam berkendara. Oleh karena itu penyelidikan mengenai frekuensi alamiah dan respon getaran untuk struktur panel kendaraan merupakan salah satu faktor pertimbangan yang penting untuk dilakukan. Berdasarkan uraian tersebut dirumuskan permasalahan yang meliputi ; pertama bagaimana mendisain panel kendaraan agar kekakuan dan frekuensi alamiahnya dapat meningkat, kedua mencari tahu, apakah perubahan bentuk geometris berupa bentuk pola tertentu (bead) pada panel kendaraan dapat mempengaruhi frekuensi alamiah panel.

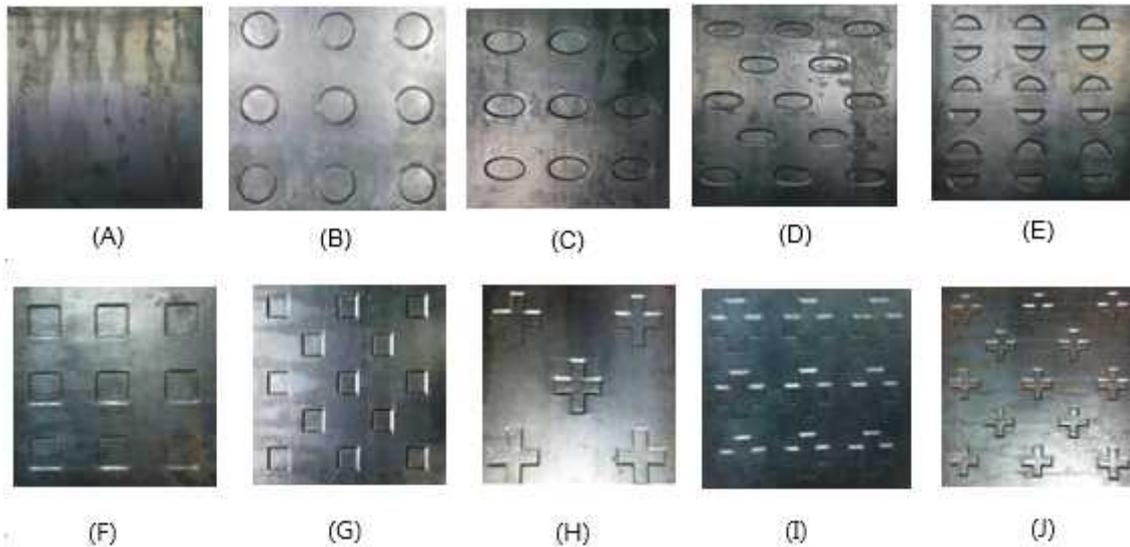
Tujuan penelitian ini meliputi ; pertama mengetahui perbedaan frekuensi alamiah getaran panel kendaraan sebelum dan sesudah mengalami perubahan bentuk bead, kedua memperoleh bentuk bead panel yang cocok untuk kendaraan. Selanjutnya penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat berupa kontribusi positif terhadap pengembangan ilmu dan teknologi dalam bidang rekayasa material. Sedangkan bagi industri terutama terhadap kalangan masyarakat perusahaan karoseri dan industri otomotif, penelitian ini diharapkan menjadi referensi dalam mendisain bead panel untuk bodi kendaraan.

2. METODE

Metodologi penelitian ini menggunakan pendekatan secara eksperimental, yang mana spesimen dibuat dengan pola-pola tertentu berupa "bead" dengan menggunakan pengerjaan pembentukan logam pada suhu kamar secara konvensional. Selanjutnya masing-masing spesimen panel tersebut diuji frekuensi alamiahnya dengan menggunakan peralatan uji getaran berbasis program LabView.

2.1. Persiapan Spesimen Uji

Bahan panel kendaraan biasanya berupa pelat bordes, pelat st 37 atau ASTM A 29, pelat aluminium dan pelat galvanis. Pada penelitian ini spesimen yang digunakan adalah pelat ASTM A 29, dengan jenis-jenis bead yang dipilih adalah berpola dasar radius dan berpola dasar persegi. Panel bead yang dibuat tersebut didisain sedemikian rupa sehingga antara panel yang satu dengan panel yang lain memiliki volume total bead yang relatif sama yaitu sekitar 4560 mm² dengan kedalaman bead yang relatif sama 4 – 5 mm. Ukuran lebar panel adalah 530 mm x 530 mm dengan tebal pelat 1,2 mm. Selain itu desain penempatan bead diatur sehingga simetris, seperti tampak pada Gambar 1. Proses pembuatan bead ini dilakukan secara konvensional metal forming pada suhu kamar.

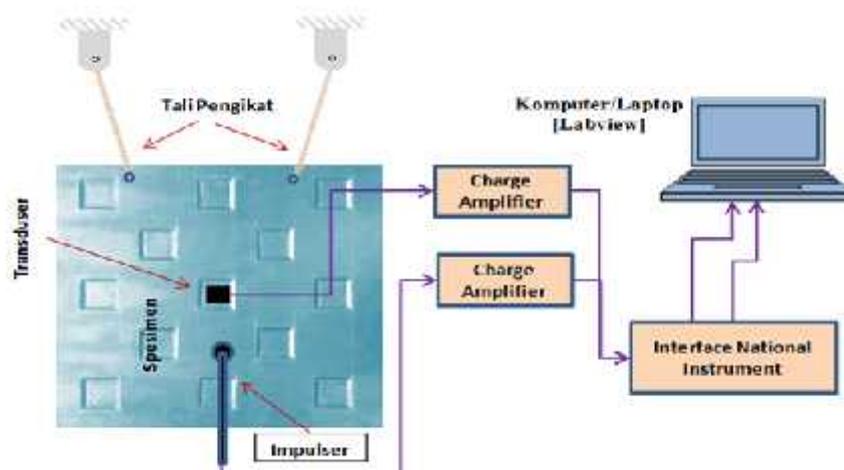


Gambar 1. Bentuk-bentuk *bead* panel specimen (A) Tanpa *bead* (referensi), (B) *nine-circle bead*, (C) *nine-ellips bead*, (D) *thirteen-ellips bead*. (E) *eighteen of half-circle bead*. (F) *nine-square bead*, (G) *thirteen-square bead*, (H) *five-plus bead*, (I) *nine-plus bead*, (J) *thirteen-plus bead*.

2.2. Proses Pengujian Frekuensi Alamiah Pada Kondisi Batas Bebas-Bebas

Piranti pengujian getaran yang digunakan diantaranya meliputi; transduser/accelerometer type 337, dengan diameter $\frac{1}{2}$ inch, calibration exciter control type 4291, charge amplifier type 2635, interface national instruments NI Daqpad-6251 pin out, impact hammer/impulser, kabel connector dari merk Brüel & Kjaer, personal computer atau laptop dan tiang-tali penggantung panel. Pengukuran frekuensi alamiah panel ini dilakukan dalam kondisi panel digantung dengan tali yang selanjutnya disebut kondisibatasi bebas-bebas. Proses pengujian frekuensi alamiah ini dilakukan dengan mengikuti bagan gambar 2 berikut, dengan langkah-langkah sebagaiberikut ;

- Lakukan persiapan dan *setting* semua piranti pengujian getaran seperti Gambar 2, gunakan program untuk Impact pada LabView Jangan lupa lakukan kalibrasi *accelerometer* terlebih dahulu sebelum dipergunakan.
- Ikut panel pada kedua lubangnyanya dan tempatkan pada tiang gantungan.
- Tempatkan transduser *accelerometer* input tepat ditengah-tengah panel.
- Lakukan pemukulan secara pelan sebanyak 7 kali pada posisi seberang dari penempatan *accelerometer*.
- Simpan data pengukuran pada computer atau laptop.



Gambar 2 Skema pengukuran frekuensi alamiah pada kondisi batas bebas-bebas.

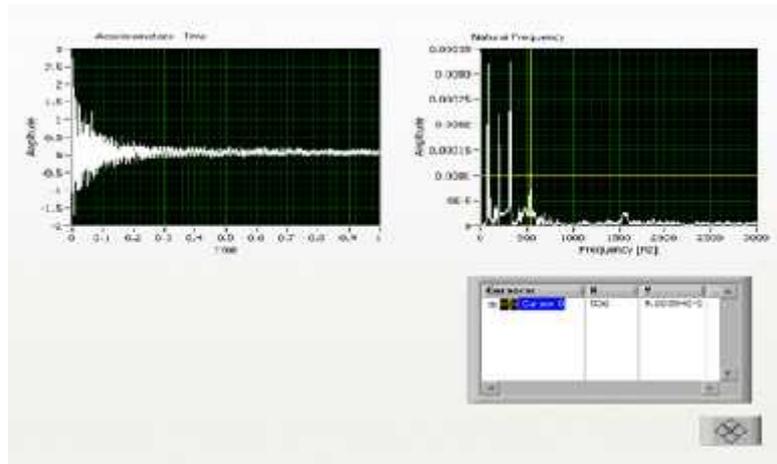
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil pengukuran frekuensi alamiah panel

Pengukuran frekuensi alamiah panel dengan bantuan program LabView seperti tampak pada tampilan Gambar 3.

Tabel 1 menunjukkan hasil pengukuran nilai frekuensi alamiah dasar (fundamental), yaitu nilai frekuensi alamiah yang terjadi adalah merupakan nilai frekuensi alamiah yang tertinggi, sehingga menjadi sangat membahayakan bila diaplikasikan pada konstruksi kendaraan. Oleh karena itu nilai frekuensi alamiah fundamental ini lebih relevan untuk dipergunakan dalam analisa memperbandingkan kemampuan panel bila dibandingkan dengan nilai frekuensi alamiah pada mode 1, 2 dan 3 atau jenis frekuensi alamiah yang lainnya.

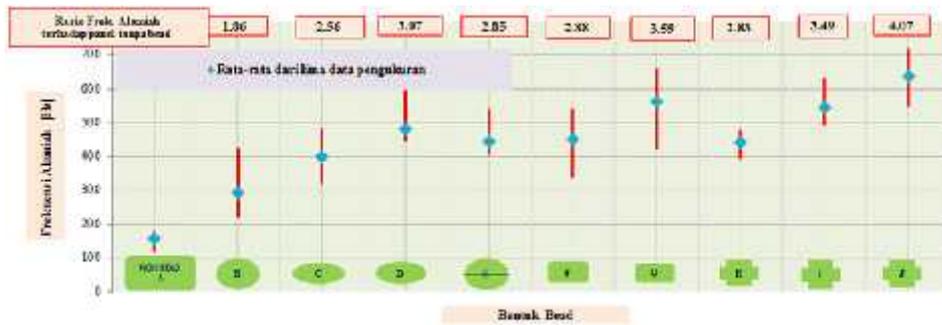
Hasil pengukuran frekuensi alamiah fundamental Tabel 2 tersebut kemudian dibuat grafik sebagaimana seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 3 Tampilan grafik respon getaran pada pengukuran impact hammer menggunakan program LabView.

Tabel 1 Hasil pengukuran frekuensi alamiah fundamental panel bead pada kondisi batas bebas-bebas.

KODE DAN SIMBOL BENTUK SPESIMEN		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
		NON tanpa bead	9 nine-circle beads	9 nine-ellipse beads	13 thirteen-ellipse beads	18 eighteen of half-circle beads	9 nine-square beads	13 thirteen-square beads	5 five-plus beads	9 nine-plus beads	13 thirteen-plus beads
PENGUKURAN FREKUENSI ALAMIAH KE- [Hz]	1	182	256	466	606	443	338	661	478	633	683
	2	182	423	481	445	541	445	621	442	611	605
	3	182	219	365	449	419	447	661	423	498	549
	4	118	338	375	445	406	481	445	477	497	718
	5	119	219	320	461	421	543	420	392	492	628
RATA-RATA		156.60	291.00	401.40	481.20	446.00	450.80	561.60	442.40	546.20	636.60
PENINGKATAN FREK. ALAMIAH TERHADAP PANEL TANPA BEAD [%]		0.00	85.82	156.32	207.28	184.80	187.87	258.62	182.50	248.79	306.51
RASIO FREK. ALAMIAH TERHADAP PANEL TANPA BEAD		1.00	1.86	2.56	3.07	2.85	2.88	3.59	2.83	3.49	4.07



Gambar 4 Hasil pengukuran frekuensi alamiah fundamental panel versus bentuk panel bead pada kondisi bebas-bebas.

Penyebaran lima data hasil pengukuran frekuensi alamiah fundamental pada kondisi bebas-bebas ini relatif besar, kecuali untuk panel datar dan panel G memiliki penyebaran data yang relatif kecil dan deviasi terbesar terjadi pada panel G, panel F dan panel B hingga mencapai lebih dari 200 Hz. Kemungkinan besar hal ini disebabkan oleh terjadinya ketidak seragaman kekakuan panel setelah dilakukan pembuatan bentuk-bentuk bead, mengingat proses pembuatan bead secara manual. Selain itu juga dapat disebabkan oleh proses pemberian eksitasi impact hammer yang relatif kurang konstan pada saat pengukuran pertama, pengukuran kedua dan seterusnya.

Spesimen panel yang telah memiliki bead menunjukkan peningkatan frekuensi alamiah yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan panel datar tanpa bead atau panel referensi. Enam panel bead yang memiliki rasio frekuensi alamiah terhadap panel tanpa bead lebih dari 3 kali adalah berturut-turut dari yang tertinggi panel 'J' berbentuk thirteen-plus bead, panel 'G' berbentuk thirteen-square bead, panel 'I' berbentuk nine-plus bead, panel 'D' berbentuk thirteen-ellipse bead, dan panel 'F' berbentuk nine-square bead serta panel 'E' berbentuk eighteen of half-circle bead. Sedangkan panel yang lain menunjukkan peningkatan frekuensi alamiah yang relatif rendah. Dua panel yang menunjukkan nilai frekuensi terendah terjadi pada panel nine-circle bead dan panel nine-ellipse bead.

3.2. Analisa Getaran Pelat Datar Tanpa Bead Pada Kondisi Batas Keempat Sisinya Bebas

Panel datar tanpa dibetuk bead dengan ketebalan yang relatif lebih kecil bila dibandingkan dengan dimensi lainnya dapat dianggap sebagai pelat isotropik. Sehingga asumsi-asumsi pelat isotropik dapat diterapkan untuk kasus ini. Data-data yang digunakan adalah:

- Modulus elastisitas, E : 193 GPa
- Densitas, ρ : 7,854 kg/m³
- Tebal pelat, h : 1.2 mm
- Rasio Poisson, ν : 0.29

Frekuensi alamiah pelat sangat dipengaruhi oleh kekakuannya. Artinya semakin tinggi kekakuan pelatnya, maka semakin tinggi pula frekuensi alamiahnya. Untuk pelat datar tanpa bead kekakuan pelat dapat dinyatakan dengan persamaan berikut ini:

$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} = 30.34 \text{ Nm} \quad (2)$$

Frekuensi alamiah pelat mode pertama dan kelipatannya dengan kondisi batas keempat sisinya bebas dapat dihitung dengan persamaan [7] berikut:

$$f_1 = \frac{\pi}{a^2} \sqrt{\frac{D}{\rho h}} = \frac{3.14}{(0.5)^2} \sqrt{\frac{30.34}{(7.854)(0.0012)}} = 22.54 \text{ Hz} \quad (3)$$

Hasil Eksperimen pengujian pelat datar pada kondisi batas free-free bernilai seragam 21 Hz. Perbedaan antara hasil eksperimen dengan perhitungan teori adalah 7.3 %

3.3. Analisa Hasil Pegujian Panel Bead Untuk Lantai Kendaraan

Proses pembentukan pelat logam menjadi bentuk bead dengan cara ditekan dan diimpak hingga mencapai daerah plastisnya akan mengalami perpecahan butir, pergeseran atom dan distorsi kisi. Hal ini dapat meningkatkan ketahanan terhadap deformasi. Deformasi butir logam dapat berpengaruh terhadap peningkatan kekakuan dan kekerasan pelat. Peristiwa ini menunjukkan bahwa logam mengalami pergeseran regangan. Sedangkan jika proses mekanis tersebut membangkitkan

tegangan yang cukup besar, maka logam akan mengalami tegangan sisa. Tegangan sisa tidak selamanya merugikan, akan tetapi terkadang dikehendaki sebuah material atau logam memiliki tegangan sisa. Karena tegangan sisa dapat meningkatkan kekakuan dan frekuensi alaminya material. Namun demikian tidak dapat dipungkiri bahwa material logam yang mendapat perlakuan mekanis dalam kondisi dingin akan mengakibatkan banyak pori-pori yang terbuka sehingga menurunkan ketahanan material ini terhadap korosi.

Disain panel kendaraan selain dituntut memiliki kekakuan tinggi dengan massa yang relatif ringan juga dituntut memiliki beberapa kelebihan, seperti bentuknya sederhana, mudah dibuat serta mudah dalam perawatannya. Karena kemudahan dalam perawatan (maintainability) seperti dalam pembersihan panel bead juga akan mempengaruhi usia pakai, lifetime panel tersebut. Panel yang memiliki bentuk rumit seperti bentuk plus akan sulit dalam pembersihannya serta panel bead tersebut lebih mudah terkorosi karena bidang patahan yang terdeformasi lebih banyak dibandingkan dengan bentuk persegi. Berdasarkan hasil pengujian eksperimental berupa pengukuran frekuensi alaminya fundamental terhadap panel bead pada grafik gambar 5, menunjukkan nilai frekuensi alaminya berturut-turut dari yang bernilai tertinggi ke nilai rendah adalah panel J-G-I-D-F-E Berdasarkan analisa diatas, penelitian ini merekomendasikan panel bead yang sesuai dan cocok dipergunakan untuk panel kendaraan adalah panel F berbentuk nine-square bead atau panel G berbentuk thirteen-square bead. Panel berbentuk dasar persegi tersebut relatif lebih sederhana, lebih mudah pembuatannya dan juga lebih maintainability dibandingkan dengan panel bead yang lain. Selain itu bila ditinjau dari kekakuan dan frekuensi alaminya, bentuk persegi ini juga memiliki nilai yang relatif tinggi.

4. SIMPULAN

Panel kendaraan dengan tebal pelat 1,2 mm ukuran 530 mm x 530 mm yang dibuat berbagai pola bead sederhana yaitu bentuk-bentuk; lingkaran, plus, kotak dan ellip, dengan kedalaman 5 mm, dengan mempertahankan volume dapat meningkatkan rasio frekuensi alaminya panel sampai dengan 4,07 kali dari panel tanpa bead pada kondisi batas bebas-bebas. Untuk kendaraan lebih cocok menggunakan bentuk thirteen-square bead karena lebih sederhana bentuknya, lebih mudah pembuatannya serta lebih mudah dibersihkan, dengan kekakuan dan peningkatan rasio frekuensi alaminya mencapai lebih dari 3,5 kali dari panel tanpa bead.

UCAPAN TERIMA KASIH [Arial, 10 pt, Bold]

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung selaku penyandang dana atas terselenggaranya penelitian ini dan kepada Bapak Muntoha selaku Kepala Bengkel Kontruksi UNY yang telah membantu dalam pembuatan spisemen dalam penelitian ini serta kepada Bapak I Made Miasa selaku Kepala Laboratorium Akustik dan Getaran Mekanik Jurusan Teknik Mesin dan Industri UGM atas kesediaannya untuk uji getaran sehingga terwujud hasil penelitian panel kendaraan ini. Tidak lupa ucapan terimakasih peneliti sampaikan kepada Bapak R. Soekrisno staff pengajar Jurusan Teknik Mesin dan Industri UGM yang telah setia membimbing dalam proses penelitian maupun dalam penulisan paper ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Han, X., Guo, Y.J., Yu, H.D., and Zhu, P., *Interior Sound Field Refinement of a Passenger Car Using Modified Panel Acoustic Contribution Analysis*, International Journal of Automotive Technology, Vol. 10, No. 1, pp. 79-85, 2009.
- [2] Diveyev, B., Smolsky, A., and Sukhorolsky, M., *Dynamic Rigidity and Loss Factor Prediction for Composite Layered Panel*, Archives of Materials Science and Engineering, Vol. 31, Issue 1 May, pp. 45-48, 2008.,
- [3] Lee, D.C., *A Design of Panel Structure for the Improvement of Dynamic Stiffness*, Proc. Instn. Mech. Engrs, Vol. 218 Part D: J. Automobile Engineering, pp. 647-654, 2004.
- [4] Fredo, C.R. and Hedlund, A., *NVH Optimization of Truck Cab Floor Panel Embossing Pattern*, SAE International, 2005-01-2342, 2005.
- [5] Nacy, S.M., Alsaib, N.K., and Mustafa, F.F., *Vibration Analysis of Plates with Spot Welded Stiffeners*, Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering, Vol. 3, No. 4, December, pp. 272-279, 2009.
- [6] Thinh T.I. and Ngo Nhu Khoa, 2008, *Free Vibration Analysis of Stiffened Laminated Plates Using a New Stiffened Element*, Technische Mechanik, Band 28, Heft 3-4 (2008) pp 227-236.
- [7] Timoshenko, S., *Vibration Problems in Engineering, 2nd Edition*, pp. 421-425, D. Van Nostrand Company Inc, New York, 1937.