



## Analisa Kekakuan Pelat Galvanil Ketebalan 0,6 mm Terhadap Pembentukan *Bead Roll* dengan Variasi Ukuran dan Bentuk Trapesium

Abimanyu Harsono<sup>1</sup>, Erwanto<sup>2\*</sup>, Ariyanto<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

\*Email : erwanto.polmanbabel@gmail.com

Received: 19 November 2024; Received in revised form: 1 Desember 2024; Accepted: 20 Desember 2024

### Abstract

*Thin plates are a common material used in the automotive industry for vehicle panels. Galvanized metal materials are typically selected for use in vehicle panel construction due to their ductile nature, malleability, and resistance to corrosion. The function of vehicle panels is of great consequence with regard to the safety and comfort of the vehicle. The level of comfort experienced by vehicle occupants is influenced by noise, which is a consequence of vibrations generated by the engine and the road surface. The detrimental effects of excessive vibration can be mitigated by enhancing the rigidity of the panel. One method of achieving this is through the formation of a groove profile on the panel's surface, utilizing a bead roll process. The objective of this study is to ascertain the impact of variations in the width and depth of the groove, with a trapezoidal shape, on the stiffness of 0.6 mm thick galvanized plates for natural frequency response. The research method entailed the creation of an experimental design, the formation of a groove profile through the bead roll process, and the subsequent natural frequency testing of the plates using a Vibroport 80. The results of this testing were then subjected to analysis. The findings indicated that the variation in groove width and depth had no discernible impact on the plate stiffness with respect to the natural frequency response.*

**Keywords:** bead roll; natural frequency; vibration; stiffness

### Abstrak

Pelat tipis banyak digunakan pada industri otomotif sebagai panel kendaraan. Bahan logam galvanil biasanya dipilih sebagai bahan konstruksi panel kendaraan karena sifatnya yang ulet, mudah dibentuk dan tidak mudah korosi. Panel memiliki peran penting dalam keamanan dan kenyamanan pada kendaraan. Kenyamanan kendaraan dipengaruhi oleh kebisingan akibat getaran yang ditimbulkan dari getaran mesin dan kondisi jalan. Getaran yang berlebih dapat dikurangi dengan meningkatkan kekakuan salah satunya dengan membentuk profil alur pada permukaan panel dengan proses *bead roll*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi ukuran lebar dan kedalaman alur dengan bentuk alur trapesium terhadap kekakuan pelat galvanil ketebalan 0,6 mm untuk respon frekuensi alami. Metode penelitian dilakukan dengan membuat desain eksperimen kemudian membentuk profil alur dengan proses bead roll kemudian melakukan pengujian frekuensi alami menggunakan *vibroport 80* dan menganalisa hasil pengujian frekuensi alami. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi ukuran lebar alur dan kedalaman alur tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kekakuan pelat untuk respon frekuensi alami.

**Kata kunci:** bead roll; frekuensi alami; getaran; kekakuan

### 1. PENDAHULUAN

Pelat baja biasanya digunakan pada industri otomotif sebagai panel kendaraan karena memiliki fleksibilitas yang tinggi sehingga mudah dibentuk dan biayanya yang murah. Bodi kendaraan seperti dinding, atap, dan lantai biasanya sering disebut sebagai panel. Konstruksi panel pada kendaraan memiliki peran penting untuk keamanan dan kenyamanan pengemudi dalam berkendara. Kenyamanan kendaraan

adalah salah satu faktor yang menjadi alasan konsumen dalam memilih kendaraan [1]. Tingkat kebisingan akibat getaran yang terjadi pada kabin kendaraan mempengaruhi kenyamanan pada penumpang kendaraan. Sumber kebisingan akibat getaran tersebut dihasilkan dari getaran mesin, kondisi struktur jalan, dan rangka pada kendaraan [2].

Getaran merupakan gerak yang berulang selama periode waktu tertentu, getaran dihasilkan dari gerak osilasi benda dan gaya yang berkaitan dengan gerak tersebut. Setiap benda dan struktur rekayasa tertentu memiliki kemampuan untuk bergetar hingga derajat tertentu akibat memiliki massa dan elastisitas [3]. Setiap mesin penggerak motor listrik maupun motor bakar akan mengalami getaran [4]. Panel penyebab terjadinya kebisingan dengan frekuensi rendah (20 – 200 Hz) akibat getaran. Getaran yang terjadi pada kendaraan akan berdampak terhadap keamanan dan kenyamanan berkendara, selain itu getaran yang berlebih dapat merusak komponen kendaraan secara keseluruhan. Getaran yang berlebih dapat diminimalisir dengan meningkatkan kekakuan pada panel [5].

Kekakuan pada panel dapat ditingkatkan dengan pembentukan panel menjadi berombak (*embossing*) sehingga panel atau pelat menjadi lebih kaku dibandingkan dengan pelat datar [6]. Bentuk pengaku dan orientasinya mempengaruhi intensitas dan frekuensi yang dihasilkan oleh panel [7]. Berbagai bentuk alur yang biasanya digunakan pada panel kendaraan seperti alur segiempat, segitiga, setengah lingkaran dan lainnya, bentuk alur yang optimal untuk meminimalisir getaran adalah alur trapezium [8].

Salah satu metode atau proses pembentukan alur pada pelat adalah melalui proses *bead roll*. *Bead roll* merupakan teknik pembentukan alur pada lembaran pelat dengan melalui proses pengerolan menggunakan alat *bead roll* dimana pelat akan dijepit dengan sepasang mata roll kemudian dilakukan proses pengerolan sampai terbentuk alur sesuai dengan profil mata roll. *Bead roll* biasanya digunakan pada industri otomotif untuk pembuatan bagian custom, penguatan panel, detail estetika dan lainnya [9].

Galvanil adalah pelat baja yang telah melalui proses *galvanizing* dengan melibatkan pemberian lapisan seng cair dan diikuti proses *annealing* agar tahan terhadap korosi. lapisan seng cair menjadi penghalang antara baja dan lingkungan sehingga umur baja menjadi lebih panjang dan mencegah terjadinya korosi [10].

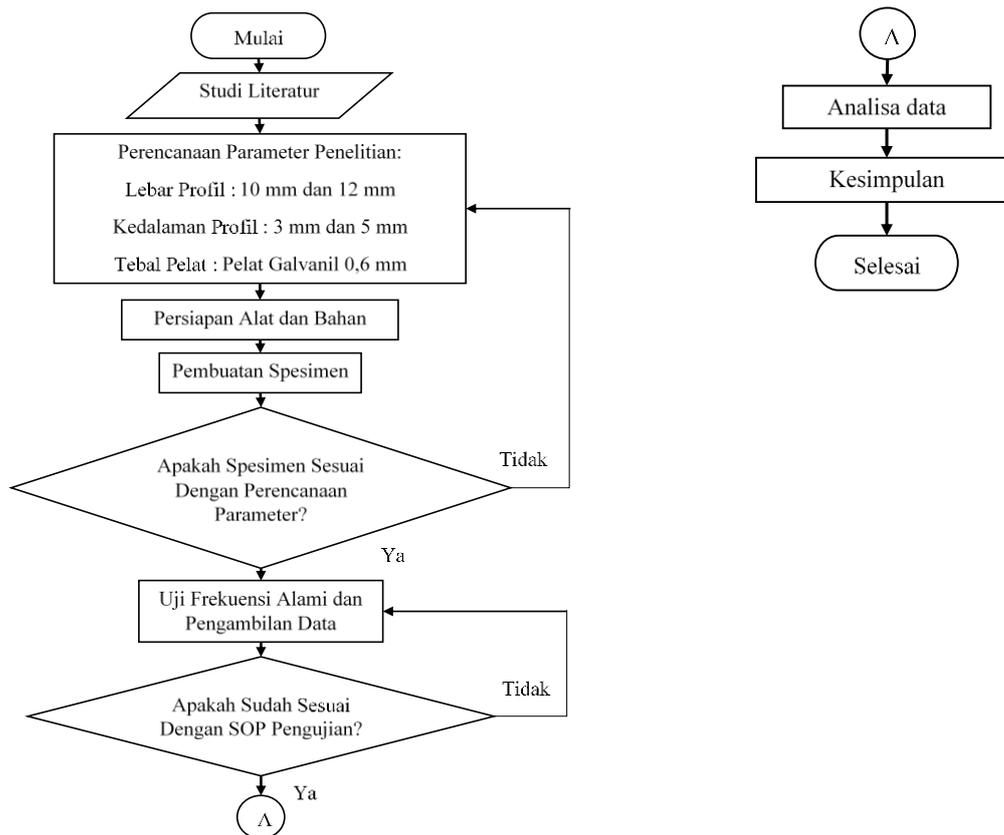
Frekuensi alami adalah frekuensi yang ada pada suatu sistem apabila sistem diberikan gaya sehingga sistem bergetar tanpa adanya penggerak atau redaman. Perhitungan frekuensi alami penting dilakukan untuk mencegah terjadinya resonansi. Jika frekuensi alami sistem sama dengan frekuensi alami peralatan maka akan terjadinya resonansi yang bisa menyebabkan kegagalan struktur. Untuk mengurangi nilai frekuensi alami dapat dilakukan dengan mengurangi massa dan menambah kekakuan struktur [11].

Metode analisa pada penelitian ini adalah menggunakan metode *taguchi*. Metode *taguchi* merupakan suatu pendekatan yang digunakan dalam penelitian untuk meminimalkan sumber daya dan biaya sekaligus meningkatkan kualitas. Metode *taguchi* memastikan bahwa produk tidak akan diperangui oleh variabel gangguan seperti proses manufaktur, perubahan bentuk produk, dan lainnya [12].

Berdasarkan penjelasan latar belakang di atas, penulis akan melakukan penelitian pengaruh variasi lebar alur dan kedalaman alur trapesium terhadap respon frekuensi alami dan kekakuan pelat atau panel dengan judul “Analisa Kekakuan Pelat Galvanil Ketebalan 0,6 mm Terhadap Pembentukan *Bead Roll* dengan Variasi Ukuran dan Bentuk Trapesium”.

## 2. METODE PENELITIAN

Metodologi Penelitian merupakan tahapan atau proses penelitian kekakuan pelat yang akan dilakukan agar penelitian teratur dan terarah. Tahapan penelitian mengikuti diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir

### 2.1. Desain Eksperimen Taguchi

Pada eksperimen Taguchi memiliki langkah – langkah atau tahapan utama yaitu perencanaan, pelaksanaan dan analisa. Pelaksanaan eksperimen Taguchi menggunakan matriks *orthogonal* dengan mempertimbangkan jumlah faktor dan level, derajat kebebasan, dan matrik *orthogonal* [12].

Faktor atau Variabel merupakan variabel yang perubahannya tidak dipengaruhi variabel lain dimana variabel pada penelitian ini adalah lebar profil alur dan kedalaman profil alur, sedangkan level merupakan tingkatan dari faktor tersebut. Derajat kebebasan merupakan seberapa banyak percobaan yang harus dilakukan dan seberapa banyak informasi yang diperoleh dari percobaan tersebut. Untuk mencari nilai derajat kebebasan dapat menggunakan persamaan 1.

$$\text{Derajat kebebasan} = \text{banyak faktor} \times (\text{banyak level}-1) \quad (1)$$

Tahap selanjutnya adalah memilih matrik *orthogonal* dengan mempertimbangkan derajat kebebasan, total dari derajat kebebasan variabel proses dan level faktor yang digunakan adalah 2 total derajat kebebasan. Variabel bebas dan level dapat dilihat pada Tabel 1, matrik *orthogonal* ditunjukkan pada Tabel 2, desain faktor penelitian tiap parameter proses yang digunakan untuk membuat pelat *bead roll* ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 1. Variabel Bebas dan Level Penelitian

kode	Parameter Pembentukan <i>Bead Roll</i>	Level Penelitian	
		Level 1	Level 2
A	Lebar Profil Alur	10 mm	12 mm
B	Kedalaman Profil Alur	3 mm	5 mm

Tabel 2. Matrik Orthogonal Eksperimen

Eksperimen	Matrik Othogonal $L_4(2^3)$		Replikasi (Hz)		
	A	B	1	2	3
1	1	1			
2	1	2			
3	2	1			
4	2	2			

Tabel 3. Desain Faktor Penelitian

Eksperimen	Lebar Profil Alur	Kedalaman Profil Alur
1	10 mm	3 mm
2	10 mm	5 mm
3	12 mm	3 mm
4	12 mm	5 mm

Untuk mengetahui karakteristik kualitas variabel proses yang optimal pada eksperimen Taguchi dapat menggunakan jenis rasio  $S/N$  yaitu *small is better*[13], untuk menghitung nilai rasio  $S/N$  dapat menggunakan persamaan 2.

$$S/N = -10 \log \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right) \quad (2)$$

## 2.2. Bahan Penelitian

Bahan spesimen pada penelitian ini adalah pelat baja galvanil dengan ukuran 575 mm x 600 mm dengan ketebalan 0,6 mm seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Pelat Galvanil

## 2.3. Alat yang Digunakan

Peralatan yang digunakan untuk membuat sampel pelat *bead roll* terdiri dari :

### a. Alat Pengerol (*Bead Roller*)

Alat pengerol digunakan untuk proses pembentukan profil alur pada pelat datar dengan mata rol sesuai dengan bentuk alur yaitu bentuk trapesium dapat dilihat pada Gambar 3.

Gambar 3. *Bead Roller*

**b. Gerinda Tangan**

Mesin gerinda tangan berfungsi untuk memotong pelat galvanil ketebalan 0,6 mm menjadi ukuran 575 mm x 600 mm yang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Gerinda Tangan

**c. Meja Uji Jepit**

Meja uji jepit digunakan sebagai media penjepit pelat uji yang telah dilakukan proses pengerolan pada kondisi jepit – jepit, meja uji jepit dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Meja Uji Jepit

**d. Vibroport 80**

*Vibroport 80* digunakan sebagai alat untuk melakukan pengukuran getaran frekuensi alami pelat setelah dilakukan proses pembentukan profil alur pada pelat, *Vibroport 80* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. *Vibroport 80*

**2.4. Proses Pembuatan Sampel**

Proses pembentukan sampel dilakukan di Lab Mekanik Polman Babel pada sektor Lafalo, pada tahap awal pelat galvanil ketebalan 0,6 mm dipotong dengan dimensi 575 mm x 600 mm kemudian dilanjutkan dengan proses pengerolan untuk membentuk profil alur trapesium pada permukaan pelat galvanil dengan menggunakan alat roll (*bead roller*). Proses pengerolan dan hasil pengerolan dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Proses Pengerolan dan Hasil Pengerolan

## 2.5. Validasi Spesimen

Proses validasi spesimen dilakukan agar ukuran lebar profil alur dan kedalaman profil alur sesuai dengan parameter apabila ukuran tidak sesuai maka akan dilakukan proses pengerolan ulang, proses validasi spesimen menggunakan alat ukur jangka sorong dan jangka sorong kedalaman. Proses validasi spesimen dapat dilihat pada Gambar 8.

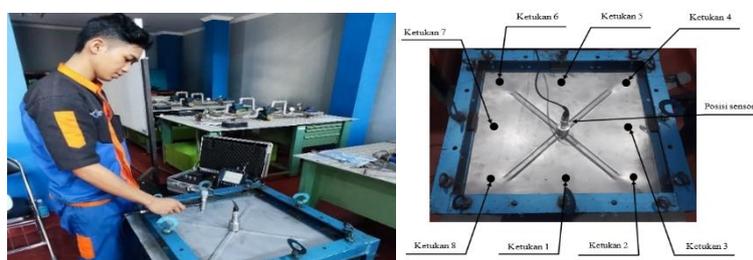


Gambar 8. Proses Validasi Spesimen

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Hasil Pengujian

Sampel yang telah dibentuk kemudian dilakukan proses pengujian. Proses pengujian sampel dilakukan dengan memasukkan pelat uji kedalam meja uji jepit dan alat ukur untuk pengujian menggunakan alat *vibroport* 80 dengan melakukan pengetukan pada permukaan pelat uji dengan 8 posisi pengetukan untuk mengetahui kekakuan pelat terhadap respon frekuensi alami pelat. Proses pengujian dan posisi pengetukan dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Proses Pengujian dan Posisi Pengetukan

Proses pengujian dilakukan di ruang logistik dikarenakan ruangan ini sangat minim suara agar mendapatkan hasil pengujian yang baik, untuk setiap percobaan dilakukan tiga kali pengulangan (replikasi) data dan hasil perhitungan sampel pengujian yang sudah dilakukan pengambilan data uji frekuensi alami seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian

Lebar Profil Alur	Faktor Kedalaman Profil Alur	Replikasi (Hz)			Rata – rata
		1	2	3	
10 mm	3 mm	80,83	132,86	84,90	99,53
10 mm	5 mm	125,35	83,05	107,22	105,20
12 mm	3 mm	115,04	114,42	101,08	110,18
12 mm	5 mm	100,81	57,66	111,07	89,84

Setelah didapatkan data perhitungan hasil pengujian dilakukan perhitungan untuk mengetahui nilai kombinasi faktor optimum yang mempengaruhi kekakuan pelat terhadap frekuensi alami terhadap respon untuk nilai rata-rata yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Respon Rata-Rata Frekuensi Alami

Level	Lebar Profil Alur	Kedalaman Profil Alur
1	102,36	104,85
2	100,01	97,52
Selisih	2,35	7,33
Rangking	2	1

Berdasarkan Tabel 5 faktor yang sangat mempengaruhi nilai kekakuan pelat pada penelitian ini adalah kedalaman profil alur yang menempati peringkat pertama dan lebar profil alur menempati peringkat kedua.

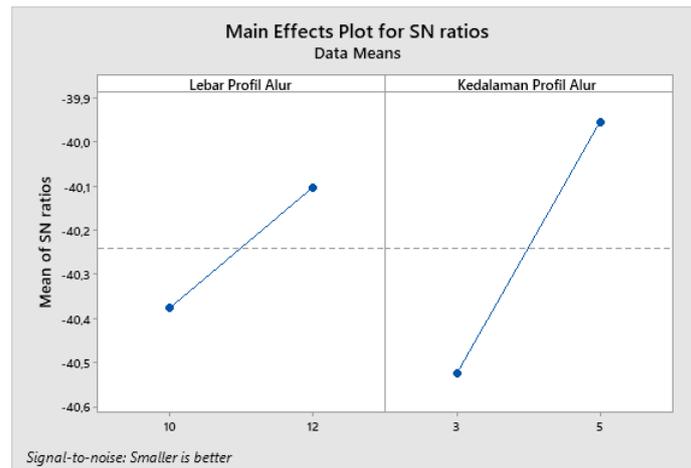
### 3.2. Perhitungan Respon Rasio S/N

Data yang didapat dari hasil pengujian kekakuan pelat *bead roll* untuk respon frekuensi alami kemudian di analisa untuk mencari nilai S/N rasio dengan karakteristik "*Smaller is Better*" menggunakan software *minitab*. Hasil rata – rata S/N rasio pada Tabel 6.

Tabel 6. Rata – Rata S/N Rasio

Level	Variabel Proses	
	Lebar Profil Alur	Kedalaman Profil Alur
1	-40,37	-40,52
2	-40,09	-39,94
Delta	0,28	0,58
Rangking	2	1

Berdasarkan hasil rata – rata S/N rasio "*Smaller is Better*" pada Tabel 5 didapatkan untuk lebar profil alur 1 (10 mm) : -40,37, Lebar profil alur 2 (12mm) : -40,09, sedangkan untuk kedalaman profil 1 (3 mm) : -40,52, kedalaman profil 2 (5 mm) : -39,94. Dengan menggunakan nilai optimal semakin kecil adalah nilai yang terbaik maka diperoleh parameter kombinasi pada lebar profil alur 12 mm dengan kedalaman profil alur 5 mm. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat grafik S/N rasio pada Gambar 10.



Gambar 10. Main Effects Plot For SN Ratio  
(Sumber : Software Minitab)

### 3.2. Analisis Varian Rata-Rata

Setelah dilakukan perhitungan dengan serangkaian percobaan yang dilakukan tahap selanjutnya yaitu dengan menghitung persen kontribusi setiap faktor. Hasil persen kontribusi pada Tabel 7.

Tabel 7. Persen Kontribusi Setiap Faktor

Sumber	V	SS	MS	SS'	$\rho(\%)$
A	1	5,44	5,44	-169,77	-0,724%
B	1	53,8	53,8	-121,51	-0,518%
Error	1	175,31	175,31	-	0,747%
Total	3	234,55	-	-	100%

Berdasarkan Tabel 7 faktor A (lebar profil alur) memberikan pengaruh yang besar dibandingkan faktor B (kedalaman profil alur) terhadap respon frekuensi alami.

Setelah dilakukan perhitungan analisis varian dapat diasumsikan nilai *alpha-error* 5%,  $\alpha = 0,05$  maka nilai  $F_{Hitung}$  untuk faktor A = 0,03 < nilai  $F_{Tabel} = 10,13$  dan  $F_{Hitung}$  untuk faktor B = 0,30 < nilai  $F_{Tabel} = 10,13$  maka  $H_0$  gagal ditolak yang berarti faktor A dan faktor B tidak memiliki pengaruh yang signifikan untuk respon frekuensi alami.

### 3.3. Analisis Varian S/N Rasio

Selanjutnya yaitu dengan menghitung persen kontribusi setiap faktor untuk nilai S/N rasio. Hasil persen kontribusi untuk nilai S/N rasio dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Persen Kontribusi S/N Rasio Setiap Faktor

Sumber	V	SS	MS	SS'	$\rho(\%)$
A	1	0,07	0,07	-0,8	-0,629%
B	1	0,33	0,33	-0,54	-0,425%
Error	1	0,87	0,87	-	0,685%
Total	3	1,27	-	-	100%

Berdasarkan Tabel 8 faktor A (lebar profil alur) memberikan pengaruh yang besar dibandingkan faktor B (kedalaman profil alur) terhadap respon frekuensi alami.

Setelah dilakukan perhitungan analisis varian dapat diasumsikan nilai *alpha-error* 5%,  $\alpha = 0,05$  maka nilai  $F_{Hitung}$  untuk faktor A = 0,80 < nilai  $F_{Tabel} = 10,13$  dan  $F_{Hitung}$  untuk faktor B = 0,37 < nilai  $F_{Tabel} = 10,13$  maka  $H_0$  gagal ditolak yang berarti faktor A dan faktor B tidak memiliki pengaruh yang signifikan untuk respon frekuensi alami.

#### 4. SIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan menurut analisa yang telah diperhitungkan, penelitian dengan metode *bead roll* dapat meningkatkan kekakuan pelat dibandingkan dengan pelat polos yang tidak melalui proses pembentukan profil dan pengaruh dari proses pembentukan *bead roll* pada pelat galvanil dapat menurunkan frekuensi alami yang tinggi menjadi rendah, tetapi berdasarkan analisa data didapatkan bahwa nilai  $F_{Hitung}$  lebih kecil dibandingkan nilai  $F_{Tabel}$  yang berarti variabel proses atau parameter penelitian tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap frekuensi alami pelat.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Pranandita, "Kendaraan Multiguna Pedesaan Dengan Pemodelan 8 Dof," *Manutech J. Teknol. Manufaktur*, vol. 8, no. 01, pp. 19–23, 2019.
- [2] X. Wang, *Vehicle noise and vibration refinement*. 2010. doi: 10.1533/9781845698041.
- [3] R. Hidayat and G. R. Wilis, "Analisis Getaran pada Kompresor Mesin Pendingin dengan Variasi Putaran (RPM)," *Engineering*, vol. 15, no. 2, pp. 65–72, 2017.
- [4] M. Riva'i and N. Pranandita, "Analisa Kerusakan Bantalan Bola (Ball Bearing) Berdasarkan Signal Getaran," *Manutech J. Teknol. Manufaktur*, vol. 2, pp. 41–46, 2018.
- [5] Sukanto, I. M. Miasa, and R. Soekrisno, "Pengaruh Perubahan Bentuk Bead Panel Kendaraan terhadap Frekuensi Alami pada Kondisi Batas Bebas-Bebas," *J. Energi Dan Manufaktur*, vol. 7, no. 2, pp. 131–136, 2014.
- [6] C. R. Fredö and A. Hedlund, "Panel embossing pattern optimization method," *SAE 2005 Noise Vib. Conf.*, pp. 1–15, 2005.
- [7] Y. Qiao and Q. Huang, "The effect of boundary conditions on sound loudness radiated from rectangular plates," *Arch. Appl. Mech.*, vol. 77, no. 1, pp. 21–34, 2007, doi: 10.1007/s00419-006-0075-z.
- [8] Sukanto and Erwanto, "Pengaruh Perlakuan Panas Pada Pembentukan Pelat Beralur Panel Kendaraan Terhadap Peningkatan Frekuensi Alami Diukur Pada Kondisi Batas Jepit-Jepit," *J. Rotor*, vol. Edisi Khusus, no. 2, pp. 1–6, 2016.
- [9] Woodward Fab, "5 Tips & Tricks to Use a Bead Roller to Your Advantage in Sheet Metal Fabrication." Accessed: Jun. 11, 2024. [Online]. Available: <https://www.woodwardfab.com/blog/5-tips-tricks-to-use-a-bead-roller-to-your-advantage-in-sheet-metal-fabrication-2/>
- [10] Wikipedia, "Galvannealed." [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Galvannealed>
- [11] L. A. N. Wibawa, "Analisis Frekuensi Natural Rangka Main Landing Gear Pesawat UAV Menggunakan Ansys Workbench," *J. Mesin Nusant.*, vol. 5, no. 1, pp. 65–73, 2022, doi: 10.29407/jmn.v5i1.17580.
- [12] I. Soejanto, *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2009.
- [13] N. Iriawan and S. P. Astuti, *Mengolah data statistik dengan mudah menggunakan minitab 14*, Edisi 1. Yogyakarta, 2006.