



Pengaruh Pembentukan Alur Trapesium Pada Pelat Galvanil dengan Proses Bead Roller Terhadap Frekuensi Alami Pada Kondisi Batas Jepit – Jepit

Abimanyu Harsono¹, Anandri Indra Adipura², Erwanto³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

¹abimtoalimu@gmail.com ²indraadipuraanandri2802@gmail.com ³erwanto.polmanbabel@gmail.com

Abstract

Galvanized steel sheet is a low carbon steel that is often used in the manufacturing industry, especially in the automotive industry, this is because galvanized sheet has properties that are ductile, easy to form and resistant to corrosion, making it suitable for application as a vehicle body, but low carbon steel sheet has limitations on the level of stiffness of the sheet so that it will affect comfort due to vibration when applied to vehicle construction. The stiffness of the sheet can be increased by forming a groove profile through the rolling process and increasing the thickness of the sheet so that its stiffness and natural frequency value will increase. The purpose of this study is to determine the effect of trapezoidal groove formation on the natural frequency of galvanized sheet by the rolling process using a bead rolling die with variations in groove width, groove depth and sheet thickness. The research method used is the experimental method, starting with the determination of the plate dimensions, the determination of the groove width and depth, the process of making groove profiles, the measurement and analysis of the results of the natural frequency values and plate stiffness. The dimensions of the test plates were 575 mm x 600 mm with thicknesses of 0.6 mm and 0.8 mm. The results showed that the increase in natural frequency and stiffness was affected by residual stress and plate thickness. The highest frequency obtained was 330.60 Hz on a plate with a groove width of 12 mm and a groove depth of 5 mm with a thickness of 0.8 mm, this result has increased compared to a smooth plate which is only 30.76 Hz.

Keywords: bead roller, natural frequency, galvanized, plate stiffness, vehicle panel

Abstrak

Pelat baja galvanil merupakan baja karbon rendah yang sering digunakan pada industri manufaktur khususnya pada industri otomotif, hal ini dikarenakan pelat galvanil memiliki sifat yang ulet, mudah dibentuk dan tahan terhadap korosi sehingga cocok untuk diaplikasikan sebagai bodi kendaraan, namun pelat baja karbon rendah memiliki keterbatasan pada tingkat kekakuan dari pelat tersebut sehingga akan mengganggu kenyamanan akibat getaran jika diaplikasikan pada konstruksi kendaraan. Kekakuan pelat dapat ditingkatkan dengan cara membuat profil alur dengan melalui proses pengerolan dan menambah ketebalan pelat sehingga kekakuan dan nilai frekuensi alaminya akan meningkat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pembentukan alur trapesium pada pelat galvanil terhadap frekuensi alami melalui proses pengerolan menggunakan alat *bead roll* dengan variasi lebar alur, kedalaman alur dan ketebalan pelat. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen, diawali penentuan dimensi pelat, penentuan lebar dan kedalaman alur, proses pembuatan profil alur, pengukuran dan analisis hasil nilai frekuensi alami serta kekakuan pelat. Dimensi pelat uji sebesar 575 mm x 600 mm dengan ketebalan 0,6 mm dan 0,8 mm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan frekuensi alami dan kekakuan dipengaruhi oleh tegangan sisa dan ketebalan pelat. Frekuensi tertinggi yang didapat sebesar 330,60 Hz pada pelat dengan lebar alur 12 mm dan kedalaman alur 5 mm dengan ketebalan 0,8 mm, hasil ini mengalami peningkatan dibandingkan pelat polos yang hanya sebesar 30,76 Hz.

Kata kunci: *bead roller*, frekuensi alami, galvanil, kekakuan pelat, panel kendaraan

1. Pendahuluan

Galvannealed atau biasa dikenal sebagai baja galvanil merupakan lembaran pelat baja yang dibuat dengan proses pelapisan galvanizing yang diikuti dengan proses annealing pada lembaran pelat [1]. Baja karbon rendah seperti ST. 37 atau ASTM A 29 yang diberi

lapisan tertentu merupakan bahan dasar pelat galvanil. Bahan sejenis ST. 37 memiliki kadar karbon sekitar 0,486% – 0,574% sehingga mudah untuk dibentuk sesuai kebutuhan [2]. Pelat galvanil digunakan secara luas khususnya pada industri otomotif, terutama dalam pembuatan bodi kendaraan sebagai panel

kendaraan dan untuk pembuatan corak timbul. Pelat galvanil memiliki ketahanan terhadap karat yang cukup baik sehingga sangat cocok digunakan pada kendaraan yang sering terpapar cuaca panas dan hujan, pengaplikasian tanpa pengecatan juga bisa dilakukan [3].

Baja karbon rendah biasanya digunakan sebagai bahan pembuatan bodi kendaraan karena memiliki keuletan dan kekuatan sesuai dengan tujuan konstruksi bodi kendaraan, namun dengan kandungan karbon yang rendah kurang dari 0,30% hal ini membatasi tingkat kekakuannya [4]. Kekakuan pelat sering digunakan pada bentuk struktur dalam produk mekanik khususnya produk otomotif, karena pelat atau panel yang kaku dapat meredam suara akibat getaran yang dihasilkan pada kendaraan [5]. Suara yang dihasilkan pada kendaraan dapat diakibatkan dari gaya mesin, struktur permukaan jalan, dan stuktur rangka kendaraan [6]. Suara dan getaran yang berlebih dapat dikurangi dengan cara meningkatkan kekakuan pelat atau panel [7]. Kekakuan merupakan sejauh mana objek tersebut mampu menahan deformasi sebagai respon terhadap gaya yang diberikan, semakin fleksibel suatu objek maka semakin kecil tingkat kekakuan objek tersebut [8]. Kekakuan pelat atau panel dapat ditingkatkan dengan membentuk panel atau pelat menjadi berombak atau *embossing*, akibatnya frekuensi alami akan meningkat menjadi berkali lipat dibandingkan dengan pelat polos [9] pemberian titik-bintik *spot welded stiffener* juga dapat meningkatkan kekakuan panel atau pelat akibatnya frekuensi alami akan meningkat yang diakibatkan adanya tegangan sisa mengalami keterlibatan [10]. Sukanto et al. [11] menyimpulkan bahwa semakin besar tegangan sisa yang berada pada pelat beralur maka nilai kekakuan dan frekuensi alaminya akan semakin besar dibandingkan dengan pelat polos tanpa alur

Frekuensi alami (*natural Frequency*) biasa dikenal juga dengan frekuensi eigen merupakan frekuensi osilasi yang umumnya dimiliki suatu sistem apabila sistem tersebut dibiarkan bergetar tanpa adanya gaya penggerak atau redaman (*damping*) [12]. Frekuensi alami dimiliki setiap sistem dan perlu untuk diketahui, suatu sistem tidak boleh bergetar dengan frekuensi yang sama dengan frekuensi alaminya karena apabila frekuensi penggerak sama dengan frekuensi alami sistem maka akan menyebabkan terjadinya resonansi yang ditandai adanya getaran besar sehingga dapat merusak sistem [13].

Salah satu proses pembentukan alur pada pelat yaitu dengan melalui proses pengerolan. Secara global 8 – 10% proses produksi lembaran pelat baja menjadi profil menggunakan proses pengerolan karena proses yang mudah dan murah [14]. *Bead roller* biasanya digunakan di perusahaan fabrikasi yang membuat atau memperbaiki bodi kendaraan roda empat. Alat *bead roller* dirancang untuk memberikan profil berbentuk lekukan atau profil pada lembaran pelat baja sesuai

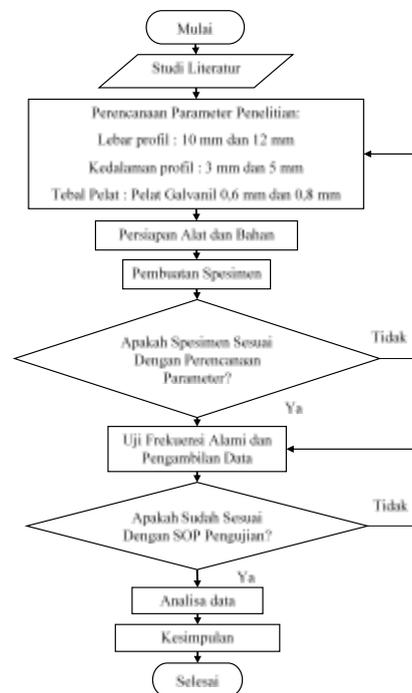
dengan bentuk mata (*dies*). Alat ini memiliki sepasang mata (*dies*) dimana mata pertama membuat bentuk profil alur dan mata kedua menahan tekanan dari lembaran pelat baja yang menjadi benda kerja, alat ini dapat digunakan untuk berbagai jenis ketebalan lembaran pelat baja [15].

Penelitian terdahulu tentang pengaruh pengerolan dingin terhadap kekakuan pelat galvanil 0,6 mm dan 0,8 mm menggunakan mesin pengerol dengan alur heksagonal didapatkan bahwa semakin tebal pelat maka frekuensi alaminya akan semakin meningkat [16]. Penelitian lain mengenai pengaruh pengerolan dingin terhadap frekuensi alami pelat galvanil dengan ketebalan 0,6 mm dan 0,8 mm dalam kondisi tumpuan bebas menyimpulkan bahwa ketebalan pelat berpengaruh terhadap nilai frekuensi alami [17]. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian terdahulu adalah penambahan variasi lebar dan kedalaman alur profil menggunakan alat *bead roller* untuk proses pembentukan profil alur. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan frekuensi alami dan kekakuan pelat menggunakan alat *bead roller*.

2. Metode Penelitian

2.1. Perencanaan Disain Panel dan Pembentukan Spesimen Uji.

Tahapan proses dari penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat pada Gambar 1.

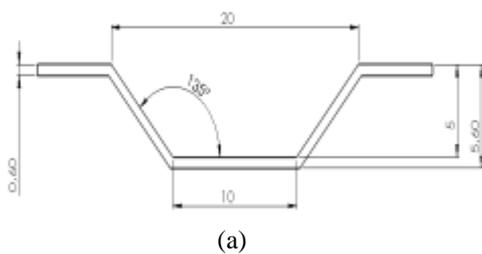


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Disain variabel proses pada penelitian terdiri dari lebar alur dan kedalaman alur pelat, yaitu panel dengan variasi lebar alur 12 mm, 10 mm dan kedalaman alur 3 mm, 5 mm serta variabel tetap dari

disain penelitian ini adalah bahan baja pelat baja galvanil dengan ukuran 575 mm x 600 mm dan ketebalan 0,6 mm dan 0,8 mm Gambar 2.

Proses pembentukan alur panel dilakukan dengan sistem pengerolan menggunakan alat *bead roller* dengan melakukan pengerolan menyilang atau diagonal dan posisi panel berada diantara 2 buah mata pengerol (*dies*). Dimana mata roll telah dirancang dan dibuat dengan sedemikian rupa dengan bentuk trapesium sehingga antara mata roll atas dan mata roll bawah berpasangan dan mampu membentuk alur trapesium sesuai dengan lebar dan kedalaman yang telah ditentukan pada pelat uji, setelah dibentuk dengan proses pengerolan secara berulang atau bolak-balik.



(b)

Gambar 2. Pelat uji (a) Bentuk Alur, (b) Spesimen Uji

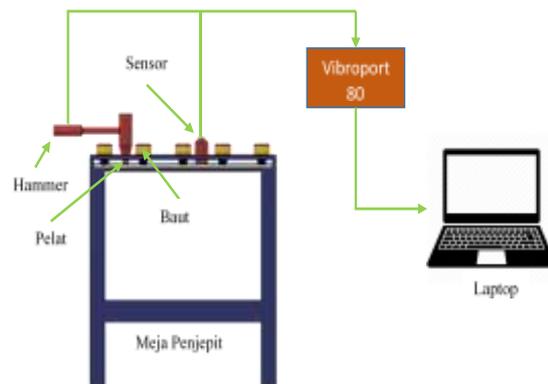
Alat *bead roll* yang digunakan masih menggunakan tenaga manual atau pengoperasiannya belum otomatis sehingga operator harus memutar tuas agar mata roll dapat membentuk alur, proses pengerolan dilakukan pada kondisi pembentukan dingin dimana pelat galvanil yang sudah di bentuk sesuai ukuran kemudian di marking diagonal supaya proses pengerolan tidak menyimpang dan sesuai ukuran, kemudian dilanjutkan proses pengerolan. Alat *bead roll* dapat dilihat pada Gambar 3



Gambar 3. Alat *Bead Roller*

2.2. Pengujian Frekuensi Alami Kondisi Batas Jepit – Jepit

Proses pengukuran dan pengujian frekuensi alami pelat atau panel dilakukan dengan kondisi syarat batas jepit – jepit yang ditunjukkan pada Gambar 4, setelah dilakukan pengujian frekuensi alami pada pelat selanjutnya dilakukan perhitungan statistik yang sederhana, yaitu berupa hasil dari rata – rata pengukuran dan dilakukan proses perbandingan yang melibatkan variabel – variabelnya, yang mencakup lebar alur, kedalaman alur, dan ketebalan pelat.



Gambar 4. Skema Pengujian Frekuensi Alami

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Pengujian Frekuensi Alami Pada Kondisi Batas Jepit – Jepit

Hasil pengukuran dan pengujian frekuensi alami pelat dengan alur trapesium pada kondisi batas jepit-jepit (di mana pelat dijepit pada keempat sisinya) ditampilkan pada Tabel 1. Sebanyak 26 pelat uji diukur, masing-masing dengan tiga kali replikasi. Pengujian mencakup dua variasi lebar alur, dua variasi kedalaman alur, dua variasi ketebalan pelat, serta satu panel polos untuk setiap ketebalan pelat. Total kombinasi menghasilkan 24 spesimen, dengan masing-masing spesimen diuji sebanyak tiga kali, sehingga total pelat uji mencapai 123.

3.2. Analisa dan Pembahasan Frekuensi Alami Pelat Uji

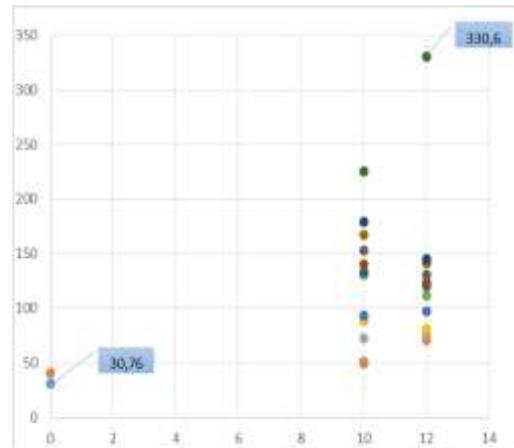
Frekuensi alami yang terjadi pada panel/pelat termasuk nilai frekuensi alami yang tertinggi dari rata – rata nilai yang terlihat. Nilai frekuensi alami mendasar ini biasanya berbahaya ketika diaplikasikan pada suatu konstruksi. Oleh karena itu lebih baik menggunakan nilai frekuensi yang didapatkan ini untuk melakukan analisa yang membandingkan kemampuan antar pelat beralur dengan variasi lebar alur, kedalaman alur, dan ketebalan pelat yang telah melalui proses pengerolan dingin dengan menggunakan alat *bead roll*.

Table 1. Nilai Frekuensi Alami Pelat Uji Pada Kondisi Batas Jepit-Jepit

Pelat	Rata-Rata Frekuensi Alami (Hz)			Lebar Alur	Kedalaman Alur	Ketebalan
	1	2	3			
1	153,44	130,58	62,14	10	3	0,6
2	80,83	132,86	84,90	10	3	0,6
3	39,91	88,26	76,29	10	3	0,6
4	52,77	166,96	129,99	10	3	0,8
5	90,63	225,62	134,78	10	3	0,8
6	62,75	140,31	80,37	10	3	0,8
7	122,93	92,84	62,32	10	5	0,6
8	163,32	49,67	68,21	10	5	0,6
9	218,39	51,36	134,32	10	5	0,6
10	177,54	72,70	44,08	10	5	0,8
11	145,88	152,59	59,22	10	5	0,8
12	99,49	178,91	90,21	10	5	0,8
13	72,76	120,37	117,14	12	3	0,6
14	138,32	81,60	41,49	12	3	0,6
15	165,82	76,54	42,89	12	3	0,6
16	61,71	96,77	50,68	12	3	0,8
17	48,55	111,49	128,54	12	3	0,8
18	100,29	130,69	63,79	12	3	0,8
19	209,14	70,52	143,12	12	5	0,6
20	227,08	49,66	99,72	12	5	0,6
21	84,05	140,77	50,81	12	5	0,6
22	177,03	330,60	88,84	12	5	0,8
23	48,03	123,61	152,04	12	5	0,8
24	187,09	145,20	50,95	12	5	0,8
25	30,76	30,21	29,55	Polos	Polos	0,6
26	39,93	44,20	40,90	Polos	Polos	0,8

Pada Gambar 4 merupakan grafik yang menunjukkan pengaruh lebar alur terhadap respon frekuensi alami pelat uji. Mengacu pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa dari penyebaran nilai hasil pengujian frekuensi alami pada masing – masing pelat didapatkan bahwa kecenderungan dimana semakin meningkat nilai frekuensi alaminya dengan semakin besar lebar dari alur pelat dari lebar alur 10 mm dan 12 mm secara berurutan. Pelat yang telah dilakukan proses pengerolan sehingga telah terbentuk alur menunjukkan peningkatan frekuensi alami yang lebih besar dibandingkan pelat polos Pelat dengan lebar alur 12 mm dengan kedalaman alur 5 mm dan ketebalan 0,8 mm memiliki nilai frekuensi alami tertinggi yaitu 330,60 Hz dan yang paling rendah terdapat pada pelat polos yang tidak memiliki alur dengan nilai 30,76 Hz.

Mengacu pada Tabel 1 juga dapat dilakukan analisa pengaruh kedalaman alur pelat terhadap frekuensi alami pelat. Pelat dengan kedalaman 5 mm menghasilkan nilai rata – rata frekuensi alami tertinggi yaitu sebesar 154,99 Hz diikuti kedalaman alur 3 mm dengan nilai 125,17 Hz. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengaruh Lebar Alur Terhadap Hasil Frekuensi Alami Pelat Uji dengan Kondisi Batas Jepit-Jepit



Gambar 6. Pengaruh Kedalaman Alur Terhadap Hasil Frekuensi Alami Pelat Uji dengan Kondisi Batas Jepit-Jepit

Selanjutnya melakukan analisa pengaruh lebar alur dan kedalaman alur terhadap frekuensi alami selanjutnya dilakukan analisa pengaruh ketebalan pelat berdasarkan hasil nilai pada Tabel 1. yang kemudian data hasil tersebut dikelompokkan dan dirata – ratakan kemudian dibuatkan diagram batang seperti pada Gambar 7 sehingga didapatkan hasil dimana ketebalan pelat yang memiliki pengaruh besar terhadap peningkatan frekuensi alami pelat berturut – turut dari ketebalan 0,8 mm dengan nilai 156, dan ketebalan 0,6 mm dengan nilai 139,6

Setelah melakukan analisis terhadap tiga variabel penelitian yaitu variasi lebar alur, kedalaman alur, dan ketebalan pelat kemudian hasil ketiga analisa diatas digabung menjadi satu analisis yang dapat dikaitkan dengan teori adanya tegangan sisa hasil pembentukan alur dengan proses pengerolan.



Gambar 7. Pengaruh Ketebalan Pelat Terhadap Frekuensi Alami Pelat dengan Kondisi Batas Jepit-Jepit

Proses pembentukan alur/bead pada pelat secara dingin dengan proses pengerolan sehingga mencapai daerah plastis dapat menyebabkan terjadinya tegangan sisa pada pelat dan meningkatkan ketahanan pelat terhadap perubahan bentuk. Perubahan bentuk butir logam dapat memberikan pengaruh terhadap meningkatnya kekakuan dan kekakuan pelat. Peristiwa ini menunjukkan bahwa logam pada pelat uji mengalami pergeseran regangan sehingga dapat menimbulkan tegangan yang cukup besar sehingga pelat mengalami tegangan sisa. Adanya tegangan sisa pada material tidak selalu merugikan, tetapi terkadang tegangan sisa diperlukan bagi sebuah material atau logam. Karena dengan meningkatnya tegangan sisa yang ada pada suatu material maka akan semakin tinggi tingkat kekakuan material tersebut, hal ini tentu berdampak pada meningkatnya frekuensi alami pelat tersebut. Namun material logam yang mendapatkan perlakuan mekanis dalam proses pembentukan dingin akan menyebabkan banyaknya pori – pori yang terbuka sehingga material akan rentan terhadap korosi [18,7].

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisa hasil penelitian yang sudah

dilaksanakan, maka dapat disimpulkan bahwa pelat atau panel uji yang memiliki lebar alur 12 mm dengan kedalaman alur 5 mm dan memiliki ketebalan 0,8 mm memiliki nilai frekuensi alami tertinggi yaitu sebesar 330,60 Hz dimana pelat yang telah dilakukan proses pembentukan alur memiliki nilai frekuensi alami lebih besar dibandingkan dengan pelat tanpa alur yang hanya memiliki nilai frekuensi alami sebesar 30,76 Hz, hal ini dapat disebabkan karena semakin banyaknya tegangan sisa yang terjadi pada pelat, maka tingkat kekakuan pelat akan meningkat dan frekuensi alaminya akan meningkat.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang telah memberikan fasilitas penelitian ini.

Daftar Rujukan

- [1] S. Yulianto and I. Aryawidura, 2016. Pengaruh Waktu Tahan Hot Dip Galvanized Terhadap Sifat Mekanik, Tebal Lapisan, Dan Struktur Mikro Baja Karbon Rendah, *Sintek*, 6 (2), pp.33–44.
- [2] Rusmardi and Feidihal., 2006. Analisa Persentase Kandungan Karbon Pada Logam Baja. *Jp Teknik Mesin dd 2006*, no. 1.
- [3] PT. Asia Mega Mandiri, Plat Besi Galvanil. [Online]. Tersedia di : <https://steelindonesia.com/company/index.php?index=detailproduk&id=CMP0046685&idprd=29377>
- [4] Y. Gunawan, N. Endriatno, and B. H. Anggara., 2017. Analisa Pengaruh Pengelasan Listrik Terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon Rendah Dan Baja Karbon Tinggi. *Enthalpy-Jurnal Ilm. Mhs. Tek. Mesin*, 2 (1), pp.1–12.
- [5] Y. Qiao and Q. Huang, 2007. The effect of boundary conditions on sound loudness radiated from rectangular plates. *Arch. Appl. Mech.*, 77 (1), pp.21–34.
- [6] X. Wang, *Vehicle noise and vibration refinement.*, 2010. Cambridge : Woodhead Publishing Limited.
- [7] Sukanto, I. M. Miasa, and R. Soekrisno, 2014. Pengaruh Perubahan Bentuk Bead Panel Kendaraan terhadap Frekuensi Alamiah pada Kondisi Batas Bebas-Bebas. *J. Energi Dan Manufaktur*, 7 (2), pp. 131–136.
- [8] J. M. Patel and B. A. Modi., 2013. Stiffness and thermal analysis of doubly curve sandwich panel for an automobile application. *Procedia Eng*, 51, pp. 655–664.
- [9] C. R. Fredö and A. Hedlund., 2005. Panel embossing pattern optimization method. *SAE 2005 Noise Vib. Conf.*, pp. 1–15.
- [10] S. M. Nancy, N. K. Alsahib, and F. F. Mustafa., 2009. Vibration Analysis of Plates With Spot Welded Stiffeners. *Jordan J. Mech. Ind. Eng. Vol.*, 3 (4), pp.272–279.
- [11] Sukanto and Erwanto., 2016. Pengaruh Perlakuan Panas Pada Pembentukan Pelat Beralur Panel Kendaraan Terhadap Peningkatan Frekuensi Alamiah Diukur Pada Kondisi Batas Jepit-Jepit. *J. Rotor*, Edisi Khusus No. 2, pp.1–6.
- [12] L. A. N. Wibawa., 2022, Analisis Frekuensi Natural Rangka Main Landing Gear Pesawat UAV Menggunakan Ansys Workbench. *J. Mesin Nusant*, 5 (1), pp.65–73.

- [13] N. Endriatno., 2020. Penentuan Frekuensi Pribadi Balok Kantilever Pada Dimensi Yang Berbeda. *Din. J. Ilm. Tek. Mesin*, 11 (2), p. 71-76.
- [14] T. Wang and P. Groche., 2022. An analytical model for designing defect-free sheet metal profiles with height-variable cross sections manufactured by Flexible Roller Beading. *Int. J. Mater. Form*, 15 (4).
- [15] A. Wisnujati and M. Yusuf., 2021. Rancang Bangun dan Uji Kinerja Mesin Bead Roller untuk Perbaikan Bodi Kendaraan. *Rekayasa*, 14 (1), pp.114–120.
- [16] M. Darensyah, P. Manufaktur, and N. Bangka., 2023. Pengaruh Pengerolan Pelat Kondisi Dingin Terhadap Kekakuan Pelat Pada Bak Mobil Pick Up. *J. Inov. Teknol. Terap. Polman Babel*, 1 (1), pp. 1–7.
- [17] E. Nurazizi., 2023. Pengaruh Pengerolan Alur Pelat Heksagonal Terhadap. *J. Inov. Teknol. Terap*, 1 (2).
- [18] G. Yi, Y. Liang, C. Wang, and J. Xu., 2019. Evolution of residual stress based on curvature coupling in multi-roll levelling. *Appl. Sci*, 9 (22), pp.1-15.