

## Investigasi Kekakuan Pada Pelat Baja Lunak Dengan Pembentukan Metode *Dimple Dies Triangle Profile*

Risky Arisandi<sup>1</sup>, Erwanto<sup>1\*</sup>, Harwadi<sup>1</sup>

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

\*E-mail : erwanto.polmanbabel@gmail.com

Received 23 Desember 2025; Received in revised form 5 Januari 2026; Accepted 5 Januari 2026

### Abstract

*This study aims to analyze the effect of variations in the number and diameter of dimple holes on the stiffness of mild steel plates using the Dimple Dies Triangle Profile forming method. Plate stiffness is important for reducing vibrations, especially in vehicle components. The material used was a 0.6 mm thick galvaneal plate, with dimple diameters of 25 mm and 30 mm, and hole quantities of 16 and 20. Testing was conducted using a Vibroport 80 device to measure natural frequency as an indicator of stiffness. The experimental design employed the Taguchi method with an L4 orthogonal array to analyze the influence of each parameter. The results showed that the number of dimple holes significantly affected the plate's natural frequency, while the dimple diameter had no significant effect. The optimal combination producing the highest stiffness was a 25 mm dimple diameter with 16 holes. ANOVA and S/N ratio analysis supported these findings, indicating that the number of holes contributed more than 90% to the variation. This research is expected to serve as a reference for developing stiffer and more vibration-resistant metal plate designs, particularly for automotive and other engineering structure applications.*

*Keywords: Dimple Dies; Natural Frequency; Plate Stiffness; Taguchi; Vibroport 80*

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi jumlah dan diameter lubang *dimple* terhadap kekakuan pelat baja lunak dengan menggunakan metode pembentukan *Dimple Dies Triangle Profile*. Kekakuan pelat menjadi salah satu faktor penting dalam meredam getaran, terutama pada komponen kendaraan. Dalam studi ini digunakan pelat galvanil dengan ketebalan 0,6 mm, diameter *dimple* 25 mm dan 30 mm, serta variasi jumlah lubang sebanyak 16 dan 20 buah. Proses pengujian dilakukan dengan menggunakan alat *Vibroport 80* untuk mengukur frekuensi natural sebagai indikator kekakuan pelat. Metode *Taguchi* dengan *desain orthogonal array L4* digunakan untuk merancang percobaan dan menganalisis pengaruh setiap parameter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah lubang *dimple* memberikan pengaruh signifikan terhadap frekuensi natural pelat, sedangkan diameter *dimple* tidak memberikan pengaruh yang berarti. Kombinasi optimal yang menghasilkan nilai kekakuan terbaik terdapat pada diameter *dimple* 25 mm dengan jumlah lubang 16 buah. Analisis ANOVA dan rasio S/N mendukung hasil tersebut dengan kontribusi faktor jumlah lubang mencapai lebih dari 90%. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan desain pelat logam yang lebih kaku dan tahan terhadap getaran, terutama dalam aplikasi otomotif dan struktur teknik lainnya.

Kata kunci: *Dimple Dies*; Frekuensi Natural; Kekakuan Pelat; *Taguchi*; *Vibroport 80*

### 1. PENDAHULUAN

Baja karbon rendah adalah baja yang terbuat dari karbon kurang dari 0,30%. Baja rendah karbon diproduksi dalam bentuk pelat, profil, batang, pekerjaan mesin dan lebih banyak penempaan [1]. Baja jenis ini umumnya digunakan sebagai bahan pembuatan body kendaraan karena memiliki keuletan dan kekuatan yang sesuai tergantung pada tujuan kendaraan [2], pilihan untuk mereduksi getaran berlebih pada pelat adalah dengan meningkatkan kekakuannya.

Kekakuan pelat ditentukan oleh bentuk material, modul elastis dan dimensinya [3]. Getaran yang berlebihan, terutama resonansi yang dapat merusak struktur, perlu diantisipasi dalam proses perencanaan. Salah satu cara untuk melakukannya dengan mengetahui nilai frekuensi alami dari suatu sistem [4]. Dengan demikian, penting untuk mendeteksi getaran dan berupaya meminimalkan dampaknya, sehingga dapat meningkatkan kenyamanan dan menekan kemungkinan terjadinya kerusakan [5]. Ini

juga berlaku saat kita mengendarai kendaraan, dimana getaran dapat menyebabkan ketidaknyamanan dan cepat menimbulkan rasa lelah, terutama pada perjalanan jauh dalam waktu yang lama [6]. Untuk mengurangi getaran yang berlebihan, salah satu solusinya adalah meningkatkan kekakuan panel. Pembuatan alur pada panel mampu meningkatkan frekuensi pelat hingga 9,3 kali lebih tinggi jika dibandingkan dengan pelat tanpa alur [7]. Getaran umumnya timbul akibat sumber mekanis, misalnya permukaan jalan yang tidak rata, serta gaya dari mesin dan komponen kendaraan [8]. Getaran ini juga terjadi karena rangsangan dari dalam dan luar sistem, dan dampaknya sangat dipengaruhi oleh frekuensi alami dan elemen-elemen dalam sistem getaran itu sendiri [9].

*Dimple dies* adalah sebuah proses fabrikasi yang bertujuan mengurangi berat lembaran logam dengan cara menciptakan lekukan atau tonjolan pada lembaran tersebut. Proses ini dimulai dengan melubangi lembaran logam dan kemudian memberikan tekanan untuk membentuk tonjolan yang disebut *dimple*. Tujuan dari pembentukan *dimple dies* adalah untuk meningkatkan kekuatan dan kekakuan pada lembaran pelat logam tipis [10].

Mengetahui frekuensi natural sangat penting untuk mencegah terjadinya resonansi, yang biasanya terjadi ketika frekuensi alami suatu struktur sama dengan frekuensi kerja peralatan. Resonansi berisiko menyebabkan kerusakan bahkan kegagalan struktural. Massa dan kekakuan struktur merupakan faktor utama yang memengaruhi frekuensi natural. Penurunan nilai frekuensi natural bisa dicapai dengan mengurangi massa atau meningkatkan kekakuan struktur secara menyeluruh [11].

Metode *Taguchi* merupakan pendekatan dalam peningkatan kualitas dengan menitikberatkan pada perbaikan

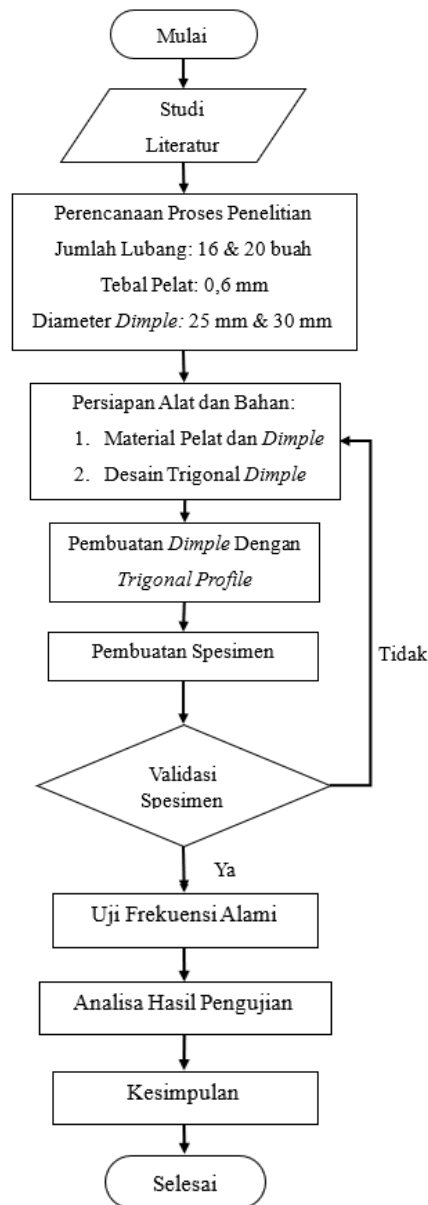
desain produk maupun proses. Tujuannya ialah menghasilkan produk yang mampu bertahan terhadap pengaruh faktor gangguan (*noise*), sehingga dikenal juga sebagai *robust design*. Dengan pendekatan ini, dapat diperoleh kombinasi optimal antara elemen produk dan proses, yang menghasilkan tingkat konsistensi tinggi demi pencapaian mutu terbaik [12].

Perbedaan antara penelitian ini dan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Irfan Nur Kholis (2024) mengenai pengaruh variasi diameter lubang dan jumlah lubang *dimple* terhadap kekakuan pelat [10], terletak pada penerapan metode *Dimple Dies Triangle Profile*, yang terbukti memberikan hasil lebih baik dibandingkan penelitian sebelumnya. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa faktor jumlah lubang *dimple* berpengaruh signifikan terhadap kekakuan pelat yang ditinjau dari frekuensi alaminya.

Dilakukannya penelitian ini dikarenakan masih terbatasnya kajian mengenai pengaruh variasi jumlah dan diameter lubang *dimple* terhadap kekakuan pelat baja lunak, khususnya dengan metode pembentukan *Dimple Dies*. Padahal, peningkatan kekakuan pelat sangat penting untuk diaplikasikan pada komponen kendaraan dan struktur teknik lain agar lebih tahan terhadap getaran. Melalui penelitian ini, diharapkan diperoleh data eksperimental yang dapat menjadi referensi dalam perancangan panel logam yang lebih efisien, ringan, namun tetap memiliki kekuatan dan kekakuan yang memadai. Dengan demikian, hasil dari penelitian ini diharapkan mampu berkontribusi dalam pengembangan teknologi material dan rekayasa struktur.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian diawali dengan menyusun tahapan pengerjaan supaya lebih terarah yang ditunjukkan pada diagram alir di gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir

### 2.1. Design of Experiment

Metode *Design of Experiment* (DOE) diterapkan dalam penelitian ini untuk meningkatkan efisiensi proses pembentukan *dimple*. Pendekatan ini dilakukan dengan menyusun desain faktorial dari berbagai variasi parameter menggunakan perangkat lunak *minitab*. Tujuannya adalah untuk memperoleh data eksperimen yang sistematis serta menganalisis pengaruh masing-masing faktor terhadap hasil yang diperoleh. Adapun parameter yang dipakai pada penelitian ini

meliputi diameter *dimple* dan jumlah lubang *dimple*.

Desain eksperimen yang diterapkan dalam penelitian ini merujuk pada metode *taguchi* melalui penerapan *orthogonal array L4 (2<sup>2</sup>)* yang disusun dari dua faktor dengan dua variasi level. Rincian parameter dan level penelitian ditampilkan pada tabel 1, untuk total derajat kebebasan dapat dilihat pada tabel 2, untuk *desain taguchi orthogonal array L4 (2<sup>2</sup>)* disajikan pada tabel 3 dan desain faktorial penelitian disajikan pada tabel 4.

Tabel 1. Parameter dan Level Penelitian

Parameter	Level Penelitian	
	Level 1	Level 2
Diameter <i>Dimple</i> (mm)	25	30
Jumlah Lubang <i>Dimple</i> (buah)	16	20

Tabel 2. Total Derajat Kebebasan

Parameter	Jumlah Level (k)	$vfl = (k - 1)$
Diameter <i>Dimple</i>	2	1
Jumlah Lubang <i>Dimple</i>	2	1
Total Derajat Kebebasan		2

Tabel 3. Dasain *Taguchi Orthogonal Array L4 (2<sup>2</sup>)*

Eksperimen	Diameter <i>Dimple</i>	Jumlah Lubang <i>Dimple</i>
1	1	1
2	2	1
3	1	2
4	2	2

Tabel 4. Dasain Faktorial Penelitian

Eksperimen	Diameter <i>Dimple</i> (mm)	Jumlah Lubang <i>Dimple</i> (buah)
1	25	16
2	30	16
3	25	20
4	30	20

Pada penelitian ini menggunakan jenis rasio *smaller is better* dimana semakin kecil nilai frekuensi yang didapatkan maka akan lebih baik. Untuk menghitung nilai rasio S/N dapat menggunakan rumus dibawah ini.

$$S/N = -10 \log [\sum_i^n = yi^2]$$

## 2.2. Pembuatan Spesimen

Pembuatan Spesimen penelitian ini menggunakan pelat galvanil dengan ukuran 580 mm x 580 mm dan ketebalan 0,6 mm.

Proses pembentukan dilakukan menggunakan cetakan *dimple* dengan dua variasi berdiameter 25 mm dan 30 mm dengan jumlah lubang *dimple* divariasikan menjadi 16 dan 20 buah. Tujuan dari proses ini adalah untuk menghasilkan pola *dimple* pada permukaan pelat, yang diharapkan dapat meningkatkan kekakuan struktural serta memperbaiki karakteristik getaran pelat baja lunak yang menjadi objek penelitian. Proses pembuatan spesimen ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Proses Pembuatan Spesimen

### 2.3. Uji Frekuensi Alami

Pengujian frekuensi alami dilakukan untuk mengetahui respon getaran yang terjadi pada pelat *dimple* hasil pembentukan. Pengujian ini menggunakan alat *Vibroport 80* yang berfungsi untuk menganalisis getaran secara dinamis pada struktur logam. Perangkat ini mampu merekam data percepatan getaran dan menghitung frekuensi alami berdasarkan sinyal respon dari sensor.

Pelat *dimple* dipasang pada meja uji jepit untuk mensimulasikan kondisi batas jepit–jepit sesuai dengan konfigurasi penelitian. Sensor percepatan (*accelerometer*) dari *Vibroport 80* ditempatkan pada titik tengah pelat, sedangkan *hammer* atau pemukul getar digunakan untuk memberikan gaya eksitasi. Setiap spesimen diuji sebanyak tiga kali untuk memastikan konsistensi data. Sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Proses Pengujian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengujian berupa nilai frekuensi dominan yang terbaca pada layar *Vibroport 80*, yang kemudian dicatat dan dirata-ratakan sebagai nilai frekuensi alami spesimen. Nilai frekuensi alami ini digunakan sebagai indikator kekakuan pelat, karena

semakin tinggi nilai frekuensi alami menunjukkan bahwa pelat tersebut memiliki kekakuan yang lebih besar. Setiap hasil pengujian dianalisis menggunakan metode *Taguchi* untuk mengetahui faktor yang paling berpengaruh terhadap kekakuan pelat. Untuk data hasil pengujian ditampilkan dalam tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Frekuensi Alami dan Rasio S/N

Eks	Faktor		Frekuensi (Hz)				Rasio S/N
	Diameter Dimple (mm)	Jumlah Lubang Dimple (buah)	1	2	3	Rata-rata	
1	25	16	98,86	27, 18	66, 99	64, 34	-36, 98
2	30	16	16,16	76, 59	88, 89	60, 54	-36, 70
3	25	20	80,04	95, 09	61, 86	78, 99	-38, 08
4	30	20	79,16	93, 30	82, 39	84, 95	-38, 60
		Rata-rata				72, 20	-37, 59

Setelah hasil pengujian didapatkan maka selanjutnya dilakukan perhitungan terhadap respon dan ANOVA dari nilai rata-rata dan nilai rasio S/N guna memverifikasi tingkat kontribusi masing-masing parameter terhadap respon yang diamati.

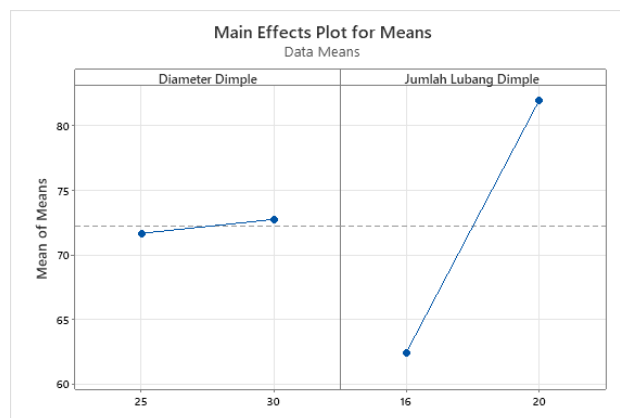
### 3.1. Perhitungan Respon Rata-rata dan Rasio S/N

Untuk perhitungan dilakukan secara manual kemudian divalidasi menggunakan *software minitab*. Hasil dari respon rata-rata pada gambar 4 dan untuk grafiknya pada gambar 5.

#### Response Table for Means

Level	Diameter Dimple	Jumlah Lubang Dimple
1	71,67	62,44
2	72,75	81,97
Delta	1,08	19,53
Rank	2	1

Gambar 4. Respon Rata-rata  
 (Sumber: *Software Minitab*)



Gambar 5. Grafik Respon Rata-rata  
 (Sumber: *Software Minitab*)

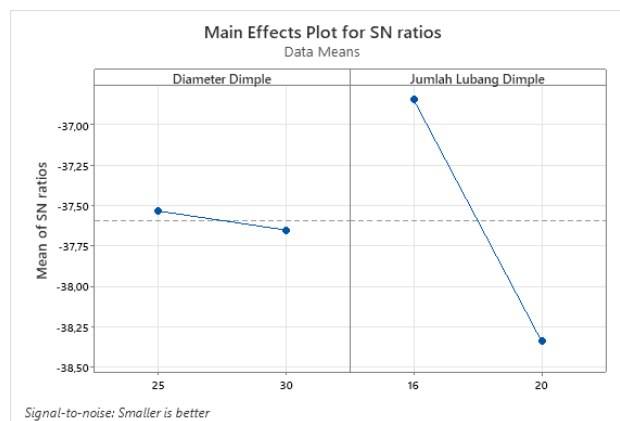
Kemudian untuk hasil dari respon rasio S/N dapat dilihat pada gambar 6 dan untuk grafiknya pada gambar 7

### Response Table for Signal to Noise Ratios

Smaller is better

Level	Jumlah Diameter Lubang Dimple Dimple	
	1	-37,53
2	-37,65	-38,34
Delta	0,12	1,50
Rank	2	1

Gambar 6. Respon Rasio S/N  
 (Sumber: Software Minitab)



Gambar 7. Grafik Respon Rasio S/N  
 (Sumber: Software Minitab)

Dari hasil respon rata-rata dan rasio S/N faktor yang sangat mempengaruhi nilai kekakuan pelat adalah jumlah lubang *dimple* yang berada diperingkat pertama dan diameter *dimple* diperingkat kedua.

### 3.2. Perhitungan ANOVA Rata-rata dan Rasio S/N

Setelah hasil perhitungan respon rata-rata dan rasio S/N didapatkan maka tahap selanjutnya yaitu menghitung ANOVA. Hasil perhitungan ANOVA rata-rata ditampilkan pada gambar 8

#### Analysis of Variance

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Diameter Dimple	1	1,166	0,29%	1,166	1,166	0,05	0,861
Jumlah Lubang Dimple	1	381,421	93,85%	381,421	381,421	16,02	0,156
Error	1	23,814	5,86%	23,814	23,814		
Total	3	406,402	100,00%				

Gambar 8. Hasil Perhitungan ANOVA Rata-rata  
 (Sumber: Software Minitab)

Berdasarkan dari perhitungan ANOVA pada gambar 8 diketahui bahwa nilai  $F_{Hitung}$  jumlah lubang *dimple* lebih dominan dibandingkan dengan diameter *dimple*.

Setelah dilakukan perhitungan ANOVA dapat diasumsikan nilai  $\alpha$ -error 5%,  $\alpha = 0,05$  maka nilai  $F_{Hitung}$  untuk diameter

*dimple* yaitu  $0,05 <$  dari  $F_{Tabel}$  yaitu  $10,13$ . Dengan demikian  $H_0$  gagal ditolak, yang berarti faktor diameter *dimple* tidak berpengaruh terhadap kekakuan pelat.

Sedangkan nilai  $F_{Hitung}$  untuk jumlah lubang *dimple* yaitu  $16,02 >$  dari  $F_{Tabel}$  yaitu  $10,13$  dengan demikian  $H_0$  ditolak, yang

berarti faktor diameter *dimple* memberikan pengaruh terhadap kekakuan pelat. Kemudian

hasil perhitungan ANOVA rasio S/N ditampilkan pada gambar 9.

### Analysis of Variance

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Diameter Dimple	1	0,01440	0,59%	0,01440	0,01440	0,09	0,814
Jumlah Lubang Dimple	1	2,25000	92,81%	2,25000	2,25000	14,06	0,166
Error	1	0,16000	6,60%	0,16000	0,16000		
Total	3	2,42440	100,00%				

Gambar 9. Hasil Perhitungan ANOVA Rasio S/N  
 (Sumber: *Software Minitab*)

Berdasarkan dari perhitungan ANOVA pada gambar 9 diketahui bahwa nilai  $F_{Hitung}$  jumlah lubang *dimple* lebih dominan dibandingkan dengan diameter *dimple*.

Setelah dilakukan perhitungan ANOVA dapat diasumsikan nilai *alpha-error* 5%,  $\alpha = 0,05$  maka nilai  $F_{Hitung}$  untuk diameter *dimple* yaitu  $0,09 <$  dari  $F_{Tabel}$  yaitu  $10,13$ . Dengan demikian  $H_0$  gagal ditolak, yang berarti faktor diameter *dimple* tidak berpengaruh terhadap kekakuan pelat.

Sedangkan nilai  $F_{Hitung}$  untuk jumlah lubang *dimple* yaitu  $14,06 >$  dari  $F_{Tabel}$  yaitu  $10,13$  dengan demikian  $H_0$  ditolak, yang berarti faktor diameter *dimple* memberikan pengaruh terhadap kekakuan pelat.

#### 4. SIMPULAN

Dari hasil pengujian dan analisis bahwa jumlah lubang *dimple* memberikan pengaruh yang signifikan pada tingkat kekakuan pelat, ditinjau dari nilai frekuensi alaminya. Hal ini dibuktikan oleh nilai  $F_{Hitung}$  yang lebih besar dari  $F_{Tabel}$  serta kontribusi sebesar 93,85 % terhadap variansi rata-rata dan 92,81 % terhadap rasio S/N.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada bapak erwanto, S.S.T., M.T. yang telah membantu pada proses penelitian ini dan bapak harwadi, S.S.T., M.Ed. yang membantu penulisan dalam penelitian ini.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. E. & B. H. A. Yuspian Gunawan, "Analisa Pengaruh Pengelasan Listrik Terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon Rendah Dan Baja Karbon Tinggi," *ENTHALPY-Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*, pp. 1-12, 2017.
- [2] A. I. A. & E. Abimanyu Harsono, "Pengaruh Pembentukan Alur Trapesium Pada Pelat Galvanil dengan Proses Bead Roller Terhadap Frekuensi Alami Pada Kondisi Batas Jepit – Jepit," *Jurnal Teknik Mesin*, pp. 183-188, 2024.
- [3] E. Febian M Fadillah, "Analisis Kekakuan Pelat Baja Galvanil Ketebalan 0,6 MM Akibat Pembentukan Dengan Metode Bead Rolled," *Manutech : Jurnal Teknologi Manufaktur*, pp. 228-232, 2024.
- [4] N. Endriatno, "Penentuan Frekuensi Pribadi Balok Kantilever Pada Dimensi Yang Berbeda," *Dinamika : Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, pp. 71-76, 2020.
- [5] S. Lubis, "Simulasi Getaran Pada Piringan Tunggal Akibat Perubahan Putaran," *SiNTESa : Seminar Nasional Teknologi Edukasi dan Humaniora*, pp. 1-7, 2021.
- [6] T. Rokhman, "Analisis Getaran Pada Footrest Sepeda Motor Tipe Matic dan Non-Matic," *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, pp. 31-40, 2016.
- [7] E. Sukanto, "Pengaruh Perlakuan Panas Pada Pembentukan Pelat Beralur Panel Kendaraan Terhadap Peningkatan Frekuensi Alami Diukur Pada Kondisi Batas Jepit-Jepit," *Jurnal Rotor*, pp. 1-6, 2016.
- [8] S. & E. Edwira Nurazizi Aulia, "Pengaruh Pengerolan Alur Pelat Heksagonal Terhadap Frekuensi Pribadinya Dalam Kondisi Bebas-Bebas," *Jurnal Inovasi Teknologi Terapan*, pp. 292-299, 2023.
- [9] S. & E. Marcel Darensyah, "Pengaruh Pengerolan Pelat Kondisi Dingin Terhadap Kekakuan Pelat Pada Bak Mobil Pick Up," *Jurnal Inovasi Teknologi Terapan*, pp. 107-113, 2023.

- 
- [10] E. & F. A. M. Irfan Nur Kholis, "Analisa Kekakuan Pelat terhadap Pembentukan Dimple Dies dengan Variasi Diameter Lubang dan Jumlah Lubang Dimple," *Jurnal Inovasi Teknologi Terapan*, pp. 194-200, 2024.
- [11] L. A. N. Wibawa, "Analisis Frekuensi Natural Rangka Main Landing Gear Pesawat UAV Menggunakan Ansys Workbench," *Jurnal Mesin Nusantara*, Vol. 5, No. 1, pp. 65-73, 2022.
- [12] P. H. & Y. Ekawati, "Penerapan Metode Taguchi untuk Meningkatkan Kualitas Bata Ringan pada UD. XY Malang," *Journal of Industrial Engineering and Management Systems* Vol. 13, No. 1, pp. 13-26, 2020.