

**ANALISA KEKAKUAN PADA PELAT BAJA LUNAK GALVANIL  
KETEBALAN 0.6 MM AKIBAT PEMBENTUKAN DINGIN  
DENGAN METODE *BEAD ROLL* DENGAN VARIASI  
UKURAN DAN BENTUK TRAPESIUM**

**PROYEK AKHIR**

Laporan ini dibuat dan digunakan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Sarjana Terapan/Diploma IV Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Disusun oleh:

Abimanyu Harsono NIM: 1042101

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI  
BANGKA BELITUNG  
TAHUN 2023/2024**

## LEMBAR PENGESAHAN

### ANALISA KEKAKUAN PADA PELAT BAJA LUNAK GALVANIL KETEBALAN 0.6 MM AKIBAT PEMBENTUKAN DINGIN DENGAN METODE BEAD ROLL DENGAN VARIASI UKURAN DAN BENTUK TRAPESIUM

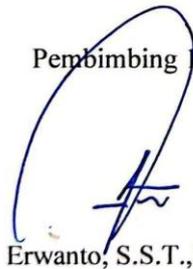
Oleh:

Abimanyu Harsono / 1042101

Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan  
Program Sarjana Terapan/Diploma IV Politeknik Manufaktur Negeri Bangka  
Belitung

Menyetujui

Pembimbing



Erwanto, S.S.T.,MT.

Pembimbing 2



Ariyanto, S.S.T.,MT.

Penguji 1



Boy Rollastin, S.Tr.,M.T.

Penguji 2



Yuli Dharta, S.S.T.,M.T.

## PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Abimanyu Harsono NIM: 1042101  
Dengan Judul : ANALISA KEKAKUAN PADA PELAT BAJA  
GALVANIL KETEBALAN 0,6 MM AKIBAT  
PEMBENTUKAN DINGIN DENGAN METODE  
BEAD ROLL DENGAN VARIASI UKURAN DAN  
BENTUK TRAPESIUM

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja kami sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, kami bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat, 24 Juni 2024

Abimanyu Harsono

## ABSTRAK

*Proses pengerolan dingin pada pelat banyak digunakan pada industri otomotif yang biasanya menggunakan pelat tipis sebagai panel pada bodi kendaraan. Konstruksi panel bodi kendaraan biasanya menggunakan bahan logam galvanil karena memiliki sifat yang ulet, mudah dibentuk dan tahan terhadap korosi sehingga dapat memperpanjang umur panel bodi kendaraan. Kenyamanan pada kendaraan dipengaruhi oleh kebisingan dan getaran yang dihasilkan dari getaran mesin, lantai kendaraan, dan kondisi jalan. Getaran yang berlebih pada kendaraan dapat dikurangi dengan meningkatkan kekakuan panel kendaraan yang bisa dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya dengan membentuk profil pada permukaan pelat. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kekakuan pelat dengan membentuk profil alur trapesium pada pelat dengan proses pengerolan bead roll dan mengetahui pengaruh lebar profil dan kedalaman profil terhadap frekuensi alaminya. Metode penelitian dilakukan dengan menguji pelat yang telah dibentuk kemudian di jepit pada meja jepit-jepit menggunakan vibroport 80 dan menggunakan satu sensor yang diletakkan pada tengah pelat uji kemudian dilakukan pengetukan sebanyak delapan ketukan. Berdasarkan analisis hasil perhitungan menggunakan software dengan metode Taguchi untuk nilai s/n rasio "Smaller Is Better" pelat uji yang memiliki nilai optimum terhadap kekakuan pelat berada pada faktor lebar profil alur 12 mm dan faktor kedalaman profil alur 5 mm dengan nilai frekuensi alaminya sebesar 89,84 Hz. Dalam hal ini semakin besar nilai lebar profil alur dan kedalaman profil alur, maka tingkat kekakuan pelat akan semakin optimal.*

*Kata Kunci : Bead Roll, Bodi Kendaraan, Frekuensi Alami, Getaran, Kekakuan Pelat,*

## ABSTRACT

*The cold rolling process of sheet metal is widely used in the automotive industry, which usually uses thin sheet metal as body panels. Galvanized metal is usually used in the construction of body panels because it has properties such as ductility, formability and corrosion resistance, which can extend the life of body panels. Vehicle comfort is affected by noise and vibration caused by engine vibration, vehicle floor and road conditions. Excessive vibration in the vehicle can be reduced by increasing the stiffness of the vehicle panel, which can be done in various ways, one of which is by forming a profile on the surface of the panel. The purpose of this study is to increase the stiffness of the panel by forming a trapezoidal groove profile on the panel using a bead rolling process and to determine the effect of the profile width and depth on the natural frequency. The research method was carried out by testing the plate that was formed and then clamped on the clamping table using a Vibroport 80 and a sensor placed in the center of the test plate, and then tapping up to eight times. Based on the analysis of the calculation results using software with the Taguchi method for the signal-to-noise ratio value "Smaller Is Better", the test plate that has the optimum value for plate stiffness is at a factor of 12 mm groove profile width and 5 mm groove profile depth with a natural frequency value of 89.84 Hz. In this case, the larger the value of the groove width and groove depth, the more optimal the rigidity of the plate.*

*Keyword : Bead Roll, Natural Frequency, Plate Stiffness, Vibration, Vehicle Body*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya, Penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul ” **ANALISA KEKAKUAN PADA PELAT BAJA GALVANIL KETEBALAN 0,6 MM AKIBAT PEMBENTUKAN DINGIN DENGAN METODE BEAD ROLL DENGAN VARIASI UKURAN DAN BENTUK TRAPESIUM** ”. Penulis Laporan Akhir ini merupakan syarat untuk menyelesaikan Studi Sarjana Terapan pada Program Studi Teknik Mesin dan Manufatur Jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung (POLMAN BABEL). Penulis menyadari bahwa penulisan Tugas Akhir ini akan sulit diselesaikan tanpa adanya dukungan, bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada:

1. Kedua orang tua saya Ayah Asnawi dan Ibu Heni Haryani yang selalu memberikan semangat, nasihat, serta doa untuk menyelesaikan proyek akhir ini.
2. Bapak Erwanto, S.S.T.,MT. selaku Dosen Pembimbing pertama yang banyak meluangkan waktunya memberikan motivasi, saran, masukan dan bimbingannya untuk melakukan pengerjaan Proyek Akhir ini.
3. Bapak Ariyanto, S.S.T.,MT. selaku Dosen Pembimbing kedua yang telah memberikan motivasi, masukan dan bimbingannya untuk melakukan pengerjaan Proyek Akhir ini.
4. Bapak I Made Andika Setiawan, M.Eng., Ph.D selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
5. Bapak Pristiansyah, S.S.T., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
6. Bapak Boy Rollastin, S.Tr., M.T. selaku Ketua Program Studi Diploma 4 Teknik Mesin.
7. Segenap Dosen Teknik Mesin dan Manufaktur yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

8. Seluruh teman yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah memberikan semangat dan dukungan.

Penulis telah berusaha sebaik mungkin dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini, tetapi penulis menyadari bahwa terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang sifatnya membangun agar bermanfaat untuk kedepannya bagi kita semua.



Sungailiat, 24 Juni  
2024

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT .....	ii
ABSTRAK .....	iii
ABSTRACT .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR LAMPIRAN .....	xi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Batasan Masalah .....	3
BAB II DASAR TEORI .....	5
2.1 Kekakuan Pelat .....	5
2.2 Pelat Galvanil .....	5
2.3 Pengerolan Dingin .....	8
2.4 Bead Roll .....	9
2.5 Getaran .....	10
2.5.1 Getaran Bebas .....	10
2.5.2 Getaran Paksa .....	11
2.6 Redaman .....	12
2.7 Frekuensi Alami .....	12
2.8 Metode Taguchi .....	14
2.8.1 Matriks Ortogonal .....	14
2.8.2 Anova (Analysis Of Variance) .....	15
2.8.3 Rasio S/N ( <i>Signal-To-Noise</i> ) .....	18

2.9	Penelitian Terdahulu.....	19
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>		<b>21</b>
3.1	Diagram Alir.....	21
3.1.1	Studi Literatur .....	23
3.1.2	Perencanaan Parameter Penelitian .....	23
3.1.3	Persiapan Alat dan Bahan .....	23
3.1.4	Desain Eksperimen.....	27
3.1.5	Menentukan Faktor Penelitian dan Level Penelitian .....	27
3.1.6	Pembuatan Spesimen .....	29
3.1.7	Validasi Spesimen.....	30
3.1.8	Pengujian Frekuensi Alami .....	30
3.1.9	Standar Operasional Prosedur (SOP) Pengujian .....	31
3.1.10	Analisa Data Pengujian .....	31
<b>BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>33</b>
4.1	Proses Pembuatan Spesimen .....	33
4.2	Pengujian dan Pengumpulan Data Frekuensi .....	34
4.3	Data Hasil Pengujian .....	39
4.4	<i>Analisis Of Varians</i> .....	39
4.4.1	Perhitungan Rata – Rata Respon Setiap Faktor .....	39
4.4.2	Analisis Varian dan Persen Kontribusi .....	41
4.4.3	Perhitungan S/N Rasio Respon .....	46
4.4.4	Pengaruh Level Faktor Terhadap Varian Frekuensi Alami .....	47
4.4.5	Analisis Varian dan Persen Kontribusi S/N Rasio.....	49
4.4.6	Komparasi Data Penelitian Terdahulu .....	54
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>56</b>
5.1	Kesimpulan.....	56
5.2	Saran .....	57
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>58</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi Pelat Galvanil (Produk, 2023) .....	7
Tabel 2. 2 Hasil Dari Perbandingan Penelitian Sebelumnya .....	20
Tabel 3. 1 Parameter Dan Level Penelitian.....	28
Tabel 3. 2 Parameter Tetap .....	28
Tabel 3. 3 Total Derajat Kebebasan .....	28
Tabel 3. 4 Desain Taguchi Orthogonal Array L4 .....	28
Tabel 3. 5 Desain Faktor Penelitian .....	29
Tabel 4. 1 Setup Spesifikasi Vibroport 80 .....	34
Tabel 4. 2 Data Uji Pelat Datar .....	36
Tabel 4. 3 Data Uji Lebar Profil 10 mm Kedalaman 5 mm .....	37
Tabel 4. 4 Data Uji Lebar Profil 10 mm Kedalaman Profil 3 mm.....	37
Tabel 4. 5 Data Uji Lebar Profil 12 mm Kedalaman Profil 3 mm.....	38
Tabel 4. 6 Data Uji Lebar Profil 12 mm Kedalaman Profil 5 mm.....	38
Tabel 4. 7 Data Hasil Pengujian.....	39
Tabel 4. 8 Respon Rata-Rata Hasil Perhitungan Frekuensi Alami .....	40
Tabel 4. 9 Kombinasi Variabel Proses Untuk Respon Optimal.....	41
Tabel 4. 10 Analisis Varian Rata-Rata Frekuensi Alami.....	44
Tabel 4. 11 Persen Kontribusi Setiap Faktor .....	45
Tabel 4. 12 Kondisi Hipotesis Nol Pada Setiap Variabel Proses.....	46
Tabel 4. 13 S/N Rasio Frekuensi Alami.....	47
Tabel 4. 14 Rata-Rata Variabel Respon .....	48
Tabel 4. 15 Gabungan Variabel Proses Untuk Hasil Respon Optimal .....	49
Tabel 4. 16 Analisis Nilai Varian S/N Rasio .....	51
Tabel 4. 17 Data Persen Kontribusi S/N Rasio .....	52
Tabel 4. 18 Kondisi Hipotesis Nol.....	54
Tabel 4. 19 Data Hasil Penelitian Sebelumnya.....	54

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram Tegangan-Regangan (Polman Bandung, 2021) .....	9
Gambar 2. 2 Getaran Bebas Dengan Redaman (Siagian, 2022) .....	11
Gambar 2. 3 Getaran Paksa Tereadam (Siagian, 2022) .....	11
Gambar 2. 4 Notasi Matriks Ortogonal L4 .....	15
Gambar 3. 1 Diagram Alir .....	22
Gambar 3. 2 Pelat Galvanil .....	24
Gambar 3. 3 Alat Bead Roll .....	24
Gambar 3. 4 Mata Roll (Dies) .....	25
Gambar 3. 5 Gerinda Tangan .....	25
Gambar 3. 6 Alat Uji Vibroport 80 .....	26
Gambar 3. 7 Hammer Input Vibrotest .....	26
Gambar 3. 8 Meja Uji Jepit .....	27
Gambar 3. 9 Bentuk Alur Trapesium Lebar 10 mm Kedalaman 5 mm .....	30
Gambar 4. 1 Proses Pembentukan Profil Pelat .....	33
Gambar 4. 2 Hasil Proses Pembentukan Profil .....	34
Gambar 4. 3 Proses Pengujian Dan Pengambilan Data .....	35
Gambar 4. 4 Grafik Respon Rata-Rata Terhadap Frekuensi Alami .....	41
Gambar 4. 5 Grafik S/N Rasio Terhadap Rata-Rata Hasil Respon .....	48

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup.....	61
Lampiran 2 Dokumentasi Sampel.....	62
Lampiran 3 Proses Validasi Spesimen.....	63
Lampiran 4 Posisi Pengetukan Pengujian.....	64
Lampiran 5 Grafik Hasil Pengujian.....	65
Lampiran 6 Data Berdasarkan Software Minitab.....	67
Lampiran 7 Hasil Validasi Analisis Varian Berdasarkan Software Minitab.....	68
Lampiran 8 F – Tabel.....	69



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Proses pembentukan pelat secara dingin (*cold forging*) pada pelat tipis banyak digunakan dan diperlukan pada industri manufaktur, salah satunya pada industri otomotif yang biasanya memanfaatkan pelat tipis sebagai panel, panel pada kendaraan merupakan bagian yang sangat penting untuk kenyamanan dan keselamatan pengemudi dalam berkendara, biasanya panel pada kendaraan dibuat dengan menggunakan baja karbon rendah karena memiliki fleksibilitas yang tinggi sesuai dengan tujuan konstruksi kendaraan tidak sulit untuk dibentuk dan biayanya yang terbilang murah. Tetapi dengan kadar karbon yang kurang dari 0.30% menyebabkan terbatasnya kualitas kekakuan pada panel kendaraan (Gunawan et al., 2017). Dengan terbatasnya tingkat kekakuan pada panel kendaraan, maka dapat menimbulkan getaran pada seluruh bagian kendaraan, getaran tersebut ditimbulkan akibat rambatan getaran mesin, perbedaan tekanan luar dan dalam kendaraan, kondisi struktur jalan dan konstruksi kendaraan sehingga menyebabkan getaran yang dapat mengganggu kenyamanan.

Getaran dapat diminimalisir dengan meningkatkan kekakuan panel, meningkatkan kekakuan panel merupakan solusi yang efektif untuk mengurangi efek getaran berlebih pada panel kendaraan. Dengan mempertimbangkan desain struktur dan sistem peredaman getaran merupakan faktor penting agar getaran tidak menyebar ke kabin kendaraan (Wang, 2010). Kekakuan panel pada kendaraan merupakan kemampuan panel dalam menahaan perubahan bentuk dan getaran (vibrasi) yang terjadi, kekakuan ini penting dalam kendaraan kerana memiliki pengaruh terhadap stabilitas dan kekuatan yang dapat mempengaruhi kinerja kendaraan. Semakin tinggi kekakuan pelat, semakin kuat kemampuannya dalam menahan getaran. Frekuensi alami adalah dasar dari sistem yang bergetar, mengetahui frekuensi alami sistem yang mengalami getaran sangat penting untuk mencegah terjadinya resonansi (Endriatno, 2020). Kekakuan panel dapat

ditingkatkan melalui dua teknik. Teknik pertama yaitu dengan membuat bentuk profil bead dan teknik yang kedua yaitu membuat lekukan alur (Sukanto et al., 2014). Bentuk pengaku dan orientasinya mempengaruhi frekuensi dan intensitas yang dipancarkan oleh panel. Berbagai bentuk alur yang digunakan pada panel pada kendaraan seperti, trapesium, segiempat, segitiga, dan setengah lingkaran, tetapi trapesium paling baik dalam merespon getaran (Sukanto & Erwanto, 2016).

Salah satu proses pembentukan profil pelat secara dingin dengan cara proses roll pelat dengan menggunakan proses "*Bead Roll*". *Bead Roll* adalah proses untuk membuat lekukan alur atau profil pada pelat menggunakan sepasang mata roll (*dies*) profil trapesium yang dipasang pada alat dikenal dengan nama *Bead Roller*. Selain digunakan untuk membuat kekakuan pada lembaran pelat *bead roll* dapat memberikan desain yang bagus pada pelat untuk berbagai jenis kendaraan, proses pembentukan ini dapat digunakan untuk berbagai tujuan seperti dalam industri otomotif, membuat panel baja, atau membuat bagian dengan fitur khusus (Woodward Fab, 2017).

Berdasarkan dari penjelasan dari latar belakang diatas, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh dari pengerolan dingin menggunakan metode *bead roll* melalui proses pembentukan alur profil menyilang pada pelat dengan variasi lebar profil alur dan kedalaman profil alur pada material baja lunak pelat galvanil dengan tebal 0,6mm terhadap frekuensi alaminya. Tujuan dari penelitian yaitu untuk membentuk profil pada pelat datar sehingga dapat mengurangi getaran yang berlebihan pada pelat dan meningkatkan tingkat kekakuannya.

## **1.2 Rumusan masalah**

Berdasarkan uraian penjelasan latar belakang di atas dapat dirumuskan permasalahan yaitu bagaimana pengaruh hasil dari pembentukan profil pelat melalui proses pengerolan dengan metode *bead roll* dengan variasi lebar profil beralur

trapesium dan kedalaman profil pada pelat galvanil ketebalan 0,6 mm terhadap frekuensi alami dengan perhitungan *Taguchi*?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Dari permasalahan yang telah diurai, maka tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh hasil dari pembentukan profil pelat melalui proses pengerolan dengan metode *bead roll* dengan variasi lebar profil beralur trapesium dan kedalaman profil pada pelat galvanil dengan tebal 0,6 mm terhadap frekuensi alami dengan metode *Taguchi*.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini memiliki manfaat sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh dari hasil pembentukan profil pelat melalui proses pengerolan menggunakan metode *bead roll* dengan variasi lebar mata profil beralur trapesium dan kedalaman profil terhadap frekuensi pribadi.
2. Hasil dari penelitian ini diharapkan bisa dijadikan panduan dalam mengetahui ilmu mengenai pelat yang biasa digunakan sebagai pembuatan bodi kendaraan dan sebagai pembanding pada penelitian selanjutnya agar dapat dikembangkan.

### **1.5 Batasan Masalah**

Penulis menetapkan batasan masalah agar penulisan penelitian ini tidak menyimpang dan lebih mudah untuk mendapat data dan informasi, adapun batasan masalah penelitian ini sebagai berikut :

1. Penelitian ini menggunakan material pelat galvanil sebagai spesimen yang memiliki tebal 0.6 mm.
2. Profil yang dibentuk adalah profi alur trapesium.

3. Parameter proses pada penelitian ini adalah
  - Lebar profil alur pengerolan yaitu 10 mm dan 12 mm.
  - Tebal pelat yaitu 0.6 mm.
  - Kedalaman profil alur pengerolan yaitu 3 mm dan 5 mm.
4. Penelitian ini akan melakukan uji frekuensi alami.



## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 Kekakuan Pelat**

Kekakuan merupakan kemampuan material menahan tegangan dan regangan tanpa terjadinya perubahan bentuk maupun pembengkokan, ada situasi dimana kekakuan lebih penting dibandingkan kekuatan. Getaran pada panel dapat dikurangi dengan cara meningkatkan kekakuannya. Dimensi, geometri, dan modulus elastisitas bahan memengaruhi kekakuan panel, selain itu menambahkan lengkungan pada panel dapat membantu meningkatkan kekuatan panel (Sukanto et al., 2014). Untuk memaksimalkan kekakuan pada panel kendaraan, dapat dilakukan pemberian material peredam. Untuk mencapai kekakuan yang diinginkan indikator seperti, panjang, luas, densitas, lebar, dan bentuk bead dapat dikombinasikan dengan variasi tertentu (Sukanto & Erwanto, 2016).

Kendaraan seperti mobil memiliki tingkat kebisingan dan getaran yang sangat tinggi, sehingga jika dibiarkan dalam jangka waktu yang lama dapat menyebabkan kerusakan komponen kendaraan lainnya (Darensyah et al., 2023). Oleh sebab itu perlu cara untuk meminimalisir kebisingan dengan menemukan sumber getaran dan keterlibatan panel terhadap getaran. Pembentukan panel menjadi berombak (*embossing*) dapat membuat pelat menjadi lebih kaku, sehingga frekuensi alaminya dapat meningkat menjadi sepuluh kali lipat dibandingkan dengan pelat datar (Fredö & Hedlund, 2005).

#### **2.2 Pelat Galvanil**

Pelat galvanil digunakan secara luas dalam industri otomotif, terutama dalam pembuatan bodi kendaraan. Material ini memberikan perlindungan terhadap korosi untuk kendaraan yang sering terpapar cuaca seperti panas, salju, dan hujan. Selain itu, pelat ini meningkatkan integritas struktural kendaraan sehingga dapat meningkatkan keselamatan penumpang. Karena material ini mudah dibentuk dalam

berbagai bentuk, sehingga desainer kendaraan dapat membuat model yang tidak hanya fungsional tetapi juga menarik.

Pelat Galvanil adalah pelat yang mudah dibentuk dan tahan karat yang berbahan baja serta dibuat dengan pemberian lapisan galvanizing dan kemudian dilanjutkan proses annealing pada lembaran pelat, tujuan dari pelapisan itu adalah sebagai pelindung agar pelat baja tidak berkarat atau korosi sehingga cocok sebagai komponen dengan atau tanpa pengecatan.

Proses pelapisan baja dilakukan dengan menggunakan pelapis logam yang titik leburnya lebih rendah dibandingkan titik lebur baja itu sendiri proses ini dikenal dengan teknik *hot dip galvanizing*. Teknik ini melibatkan pencelupan baja pada lelehan seng cair saat suhu mencapai  $450^{\circ}$  sehingga akan terbentuk ikatan metalurgi antara permukaan baja dan lelehan seng sehingga menghasilkan lapisan intermetalik paduan Fe – Zn. Penting untuk menambahkan sejumlah kecil aluminium pada seng selama proses *galvanizing*. Aluminium memiliki fungsi mengkilapkan lapisan permukaan dan normalnya berada pada komposisi 0,002 – 0,005 %, permukaan material akan menjadi kusam apabila kadar aluminium kurang dari 0,002 % bahkan permukaan akan berubah merah apabila tidak memiliki kandungan aluminium. Penambahan beberapa kandungan aluminium pada bak celup akan membuat hasil lapisan menjadi sangat tipis dan menyebabkan permukaan menjadi mengkilap jika dibandingkan bak celup yang tidak ada kandungan aluminium (Yulianto & Aryawidura, 2016). Berikut merupakan spesifikasi pelat galvanil:

Tabel 2. 1 Spesifikasi Pelat Galvanil (Produk, 2023)

---

JENIS LOGAM DASAR menurut standar industri Indonesia (SII), JIS G 3141, ASTM British Std, Australian std, atau menurut standar International lainnya. Jenis *cold rolled steel in coil* yang digunakan yaitu :  
Jenis lunak (*soft/annealed*) dan jenis keras (*hard/unannealed*)

---

TEBAL LOGAM DASAR : 0.20 mm sampai dengan 3.80 mm. (SPCC)

---

LEBAR LOGAM DASAR : 762 mm, 914 mm, 1219 mm (maksimum)

---

STANDAR LAPISAN SENG : Menurut standar JIS G.3302, ASTM, British Std, Australia Std. atau standard international lainnya.

---

BERAT LAPISAN SENG : 60 gram/M2 sampai dengan 180 gram/M2.

---

TEBAL LAPISAN SENG : 12 micron sampai dengan 40 micron

---

SIFAT MEKANIS Bj. L. S. DENGAN LOGAM DASAR SPCC : sesuai standard SNI, JIS, ASTM, dll.atau sesuai permintaan

---

DAYA LEKAT LAPISAN SENG TERHADAP : Uji *lockseam* = bagus  
logam dasar SPCC : uji lipat = bagus

---

KOMPOSISI LAPISAN SENG :

Fe dilapisi seng = 12,50%  
Pb dilapisi seng = 0,90 %  
Al dilapisi seng = 0,35 %  
Zn dilapisi seng = 86,25 %

---

TITIK LELEH :

Logam dasar = 2760°F (1515°C).  
Lapisan seng = 786°F (419°C).

---

KONDISI PERMUKAAN LAPISAN SENG : Tidak diberi lapisan tambahan.

---

---

SIFAT – SIFAT KHAS SENG LOKFOM :

Mudah di las, *spot welding*, *seam welding*, *arc welding* dll.

Mudah di solder.

Mudah di cat.

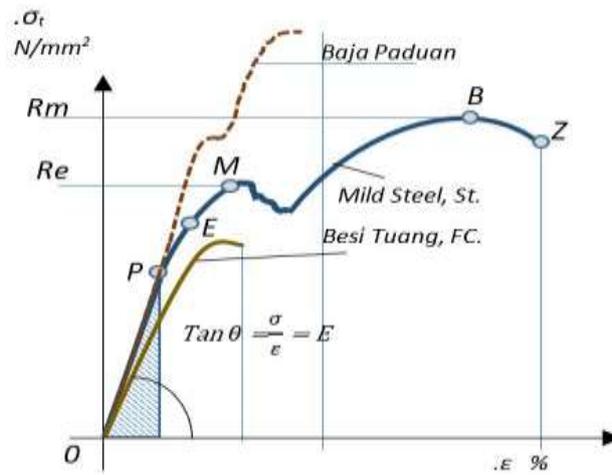
Daya lekat lapisan galvanis terhadap logam dasarnya sangat baik (kuat).

---

### 2.3 Pengerolan Dingin

Pengerolan merupakan cara untuk mengurangi luas dan ketebalan pelat melalui proses perubahan bentuk. Dalam metode ini, benda kerja diarahkan pada dua silinder roll yang berputar berlawanan arah. Salah satu produk yang dihasilkan dari proses pengerolan adalah pelat baja. Pengerolan bisa diproses pada kondisi panas atau kondisi dingin (Parikin, Priyanto & Dani, n.d.). Pengerolan dingin (*cold rolling*) merupakan proses pengerolan untuk meningkatkan kekuatan menggunakan efek pengerasan dibawah suhu rekristalisasi (Hasbi et al., 2016). Proses pengerjaan dingin membutuhkan gaya yang lebih besar daripada proses pengerjaan panas, yang meningkatkan sifat mekanis logam. Semakin ulet suatu logam, maka semakin besar pengerjaan dingin yang dapat dilakukan (Putra et al., 2017)

Pengerolan dingin memiliki peran yang besar dalam industri dengan menyediakan lembaran, strip, coil atau gulungan dengan permukaan yang baik dan meningkatkan kekuatan mekanis dengan tetap menjaga dimensi produk (Rizky Firmansyah & Basyir, 2017). Adanya tegangan sisa saat proses pengerolan menyebabkan hasil pengerolan menjadi kaku. Kekuatan suatu bahan sangat bergantung pada jenis bahannya, jenis bahan tersebut bisa memiliki sifat keras, getas, lunak, atau bahkan ulet tergantung pada komposisi kandungan material dan struktur material tersebut. Hal ini dapat dilihat dari Diagram Tegangan-Regangan yang didapat dari hasil pengujian material yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Diagram Tegangan-Regangan (Polman Bandung, 2021)

## 2.4 Bead Roll

*Bead roll* merupakan salah satu metode pembentukan pelat secara dingin (*cold forging*) menggunakan alat yang bernama *bead roller* untuk menciptakan profil pada permukaan pelat. *Bead roller* merupakan mesin yang umumnya digunakan pada perusahaan yang membuat bodi mobil atau kerajinan dari pelat logam. Alat ini dapat digunakan untuk membuat profil atau lekukan pada lembaran logam. *Bead roller* terdiri dari sepasang mata roll (*dies*) dimana mata roll 1 berfungsi untuk memberikan bentuk profil pelat dan mata roll 2 menahan tekanan dari lembaran pelat yang akan dibentuk, profil mata roll (*dies*) memiliki berbagai macam bentuk dan ukuran seperti trapesium, radius, kotak, dan lainnya sesuai dengan kebutuhan desain dan kegunaan. Dalam proses pengerolan, permukaan pelat akan ditekan oleh mata roll (*dies*) yang kemudian menghasilkan alur profil pada permukaan pelat. *Bead roll* biasanya dimanfaatkan pada perusahaan yang membuat bodi mobil dan berbagai aplikasi lainnya, karena prosesnya yang murah dan dapat memberikan desain yang bagus dan unik dikarenakan prosesnya yang mudah. Selain itu penggunaan beberapa jenis ketebalan dan ukuran pelat juga memungkinkan untuk diaplikasikan sesuai kebutuhan (Woodward Fab, 2017)

## **2.5 Getaran**

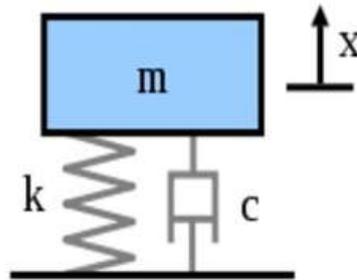
Getaran adalah gerakan yang berulang selama periode waktu tertentu, getaran adalah hasil dari gerak osilasi benda dan gaya yang berkaitan dengan gerak tersebut. Karena setiap benda memiliki massa dan elastisitas serta memiliki kemampuan untuk bergetar, beberapa mesin dan struktur rekayasa tertentu mengalami getaran hingga derajat tertentu (Hidayat & Wilis, 2017). Perbedaan frekuensi dan tekanan dapat menimbulkan gerak yang akan menyebabkan terjadinya getaran. Dalam mesin kendaraan, terjadi berbagai jenis getaran seperti getaran dari mesin yang dapat ditemukan pada mesin berkapasitas ringan, medium maupun berkapasitas berat. Getaran pada mesin adalah pergerakan berulang dari sebuah mesin dan komponennya (Naibaho et al., 2021). Getaran pada kendaraan yang kita gunakan sering kali menyebabkan ketidaknyamanan. Selain itu, getaran berlebihan yang terjadi pada kendaraan dapat merusak komponen pada kendaraan (Rokhman, 2016).

Meskipun istilah “getaran” selalu dikaitkan dengan osilasi mekanis, istilah ini juga dapat digunakan dalam bidang lain seperti gelombang elektromagnetik, gelombang akustik, dan arus bolak – balik. Kadang – kadang terjadi situasi dimana dua masalah berinteraksi satu sama lain, contohnya getaran mekanis dapat menyebabkan osilasi terjadinya listrik (Ramadhan, 2019).

### **2.5.1 Getaran Bebas**

Getaran bebas dapat timbul apabila sistem mengalami osilasi adanya gaya – gaya yang bekerjanya pada sistem tersebut saat gaya diperbesar. Sistem yang mengalami getaran bebas akan bergetar pada satu atau lebih frekuensi alaminya, ini adalah karakteristik dinamis yang dipengaruhi oleh penyaluran beban dan kekuatannya (Siagian, 2022). Getaran bebas umumnya muncul setelah percobaan pertama, ini terjadi karena benda yang bergetar tidak lagi menerima beban dari luar atau bergetar bebas, meskipun sebelumnya benda tersebut dapat bergetar dengan beban luars seperti dari beban impak, beban gangguan, dan beban sentuhan pada

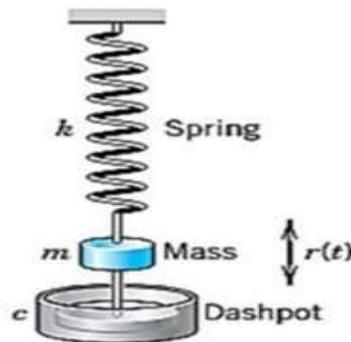
defleksi tertentu dan setelah itu beban kontak tersebut akan terlepas (Ramadhan, 2019)



Gambar 2. 2 Getaran Bebas Dengan Redaman (Siagian, 2022)

### 2.5.2 Getaran Paksa

Getaran paksa merupakan getaran yang terjadi akibat adanya gaya eksitasi dari luar. Jika gaya eksitasi tersebut berisolasi, sistem akan dipaksa bergetar pada frekuensi eksitasi gaya tersebut. Apabila frekuensi gaya tersebut sama dengan frekuensi alamiahnya maka terjadi keadaan resonansi yang menyebabkan osilasi yang besar pada Gambar 2.2 (Lovelylo, 2020).



Gambar 2. 3 Getaran Paksa Tereدام (Siagian, 2022)

## 2.6 Redaman

Penyerapan energi yang disebabkan oleh faktor alam atau lainnya dikenal dengan istilah redaman. Amplitudo getaran bebas akan menurun secara bertahap, hilangnya energi dalam sebuah sistem menyebabkan getaran berhenti, situasi seperti ini dianggap sebagai kondisi dimana terjadinya redaman pada struktur atau bahan. Pada getaran bebas mengatakan apabila sekali terjadinya getaran, maka sistem tetap terisolasi permanen akibat energi yang berada di dalam sistem tidak bisa hilang dari dalam sistem itu sendiri. Pada kenyataannya getaran akan berkurang seiring dengan berjalannya waktu dikarenakan terjadinya gesekan (Sukanto et al., 2014). Peredam terbagi menjadi tiga kategori pertama sebagai berikut:

1. Redaman Viskos adalah suatu redaman pada sistem bergetar yang disebabkan oleh hilangnya energi akibat pelumasan cairan diantara komponen yang bergerak.
2. Redaman Internal adalah hilangnya energi dalam material akibat adanya faktor internal dari dalam sistem itu sendiri.
3. Redaman Struktur, yaitu redaman yang terjadi akibat adanya gerak relatif antar komponen dalam sebuah struktur yang memiliki sambungan atau dudukan.

## 2.7 Frekuensi Alami

Waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan satu siklus getaran dalam periode waktu tertentu dikenal dengan istilah frekuensi. Hertz (Hz) merupakan satuan frekuensi dalam sistem internasional dan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan satu kali getaran disebut periode, satuan periode dalam sistem internasional adalah sekon (*s*) (Hoten et al., 2020). Frekuensi alami adalah karakteristik dasar yang dimiliki oleh sistem yang bergetar, penentuan frekuensi alami bagi sistem yang bergetar sangat penting sebagai upaya untuk mencegah resonansi (Naharuddin, 2002). Frekuensi pribadi merupakan parameter penting bagi getaran pada sistem karena merupakan frekuensi alami pada sistem yang

dibiarkan bergetar tanpa adanya redaman. Sistem tidak boleh digetarkan pada frekuensi yang sama dengan frekuensi pribadinya. Hal ini disebabkan karena jika frekuensi penggetar sama dengan frekuensi pribadinya, maka akan terjadi resonansi yang menyebabkan getaran besar pada struktur dan berpotensi dapat merusak sistem (Endriatno, 2020).

Peningkatan frekuensi pada suatu sistem dapat menyebabkan terjadinya getaran yang besar, getaran tersebut dapat menyebabkan kerusakan pada beberapa bagian sistem. Seluruh sistem yang bergetar mengalami redaman sampai batas tertentu karena hilangnya energi mekanik akibat adanya gesekan dan tahanan lainnya. Oleh karena itu, perhitungan frekuensi pribadi dilakukan tanpa adanya redaman (Mustafa, 2011). Perhitungan frekuensi alami sangat penting untuk mencegah terjadinya resonansi. Apabila frekuensi alami struktur dan komponen tersebut sama maka resonansi dapat terjadi. Resonansi dapat menyebabkan kegagalan struktur. Massa dan kekakuan struktur merupakan faktor yang mempengaruhi frekuensi alami. Penurunan frekuensi alami dapat dicapai dengan menurunkan massa atau meningkatkan kekakuan struktur (Wibawa, 2022). Frekuensi alami terdapat persamaan seperti di bawah ini :

$$F_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (2.1)$$

Dengan :

$F_n$  = Frekuensi Alami (Hz)

$k$  = Kekakuan (N/m)

$m$  = Massa (kg)

## 2.8 Metode Taguchi

Metode *Taguchi* merupakan salah satu metodologi yang digunakan dalam penelitian untuk memperbaiki kualitas produk serta meminimalisir penggunaan sumber daya dan biaya. Metode *Taguchi* memiliki tujuan untuk menjadikan produk tidak mengalami gangguan dari berbagai faktor seperti, proses manufaktur, perubahan bentuk, dan kondisi lainnya. Metode *Taguchi* dapat menjamin bahwa setiap produk dapat menghasilkan kualitas dan hasil yang stabil tanpa terpengaruh faktor gangguan (*noise*), maka dari itu teknik ini dikenal sebagai perancangan kokoh (*robust design*) (Soejanto, 2009).

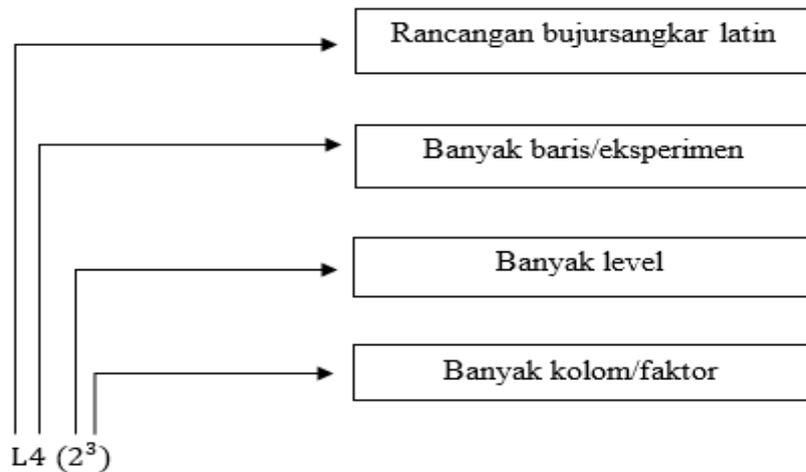
Berikut beberapa keunggulan Metode *taguchi* :

1. Desain eskperimen *Taguchi* lebih efisien yang memungkinkan melaksanakan penelitian dalam faktor dan jumlah yang besar.
2. Desain eskperimen *Taguchi* memastikan mendapatkan hasil barang yang stabil dan kuat terhadap faktor gangguan.
3. Metode eksperimen *Taguchi* dapat menyimpulkan respon faktor dan level dari faktor kontrol yang optimal

### 2.8.1 Matriks Ortogonal

Matriks Ortogonal adalah matriks yang elemen – elemennya tersusun berdasarkan baris dan kolom. Dalam eksperimen tersebut kolom merupakan faktor – faktor yang dapat diubah, sedangkan baris adalah kombinasi dari level faktor dan variabel variasi penelitian, hal inilah yang disebut Ortogonal dimana setiap tingkat dari faktor memiliki variabel yang teratur sehingga bisa dipisahkan dari pengaruh faktor – faktor penelitian lainnya (Soejanto, 2009).

Matriks Ortogonal memiliki faktor dan level seimbang sehingga faktor – faktor dan level tidak dapat terpengaruh dan berbaur dengan pengaruh faktor dan level eksperimen lain. Berikut Notasi Matriks Ortogonal ditunjukkan pada gambar 2.4 di bawah ini:



Gambar 2. 4 Notasi Matriks Ortogonal  $L_4$

Berikut ini merupakan keterangan Matriks Ortogonal :

- Simbol L adalah rancangan bujur sangkar latin dalam Matriks Ortogonal
- Banyaknya baris merupakan jumlah baris yang akan digunakan dalam penelitian
- Banyak level merupakan jumlah level faktor yang digunakan dalam penelitian. Dalam pemilihan jumlah Matriks Ortogonal harus berdasarkan jumlah derajat kebebasan
- Banyaknya kolom merupakan jumlah faktor dalam Matriks Ortogonal

### 2.8.2 Anova (Analysis Of Variance)

Analisis varian merupakan metode perhitungan untuk mendefinisikan data secara kuantitatif dan memiliki kontribusi pada setiap faktor pengukuran respon. Analisis varian biasanya digunakan pada desain parameter untuk menemukan kontribusi faktor, sehingga memungkinkan untuk menentukan akurasi perkiraan model. Dalam analisis varian terdapat dua jenis analisis ,yaitu analisis varians satu arah yang mana hanya menentukan varian rata – rata dan error serta analisis varians dua arah memiliki dua faktor dan dua level, serta dalam analisis varians dua arah terdiri dari perhitungan jumlah kuadrat, perhitungan derajat

kebebasan, rata – rata jumlah kuadrat dan F-rasio (Soejanto, 2009). Berikut merupakan persamaan yang digunakan dalam metode analisis *Taguchi*.

### 1. Jumlah Kuadrat (*Sum Of Square*)

Jumlah kuadrat untuk masing – masing faktor.

$$SS_A = \frac{A_1^2}{n_{A_1}} + \frac{A_2^2}{n_{A_2}} + \frac{A_3^2}{n_{A_3}} \dots \frac{A_n^2}{n_{A_n}} - \frac{T^2}{N} \quad (2.5)$$

Dimana :

$A_1$  = Jumlah data faktor A

$A_2$  = Jumlah data faktor A level 2

$A_3$  = Jumlah data faktor A level 3

$n_{A_1}$  = Banyak data faktor A level 1

$n_{A_2}$  = Banyak data faktor A level 2

$n_{A_3}$  = Banyak data faktor A level 3

T = Jumlah seluruh nilai data

N = Banyak keseluruhan data

### 2. Derajat Kebebasan (*Degree Of Freedom*)

$$V_a = \text{Banyaknya pada faktor A-1} \quad (2.6)$$

$V_t$  = Total seluruh level-1

$$V_e = V_t - (V_a + V_b + V_c \dots V_n)$$

Dimana :

$V_a$  = Derajat kebebasan faktor A

$V_t$  = Derajat kebebasan total

$V_e$  = Derajata kebebasan *error*

### 3. Rata – Rata Kuadrat (*Mean Square*)

Rerata kuadrat untuk setiap faktor

$$MS_A = \frac{SS_A}{V_A} \quad (2.7)$$

4. Jumlah kuadrat total

$$SS_T = \sum y^2 \quad (2.8)$$

5. Jumlah kuadrat karena rata – rata

$$SS_m = n \bar{y}^2 \quad (2.9)$$

6. Jumlah kuadrat *error*

$$SS_e = SS_T - SS_m - SS_{faktor} \quad (2.10)$$

Dimana :

$$SS_{faktor} = SS_A + SS_B + \dots SS_n \quad (2.11)$$

7. Rata – rata kuadrat error

$$MS_e = \frac{SS_e}{V_e} \quad (2.12)$$

8. Nilai F

Perbandingan nilai  $F_{Hitung}$  dan  $F_{Tabel}$  bisa menunjukkan bagaimana faktor dapat mempengaruhi nilai F. Faktor tidak mempunyai pengaruh besar terhadap respon Apabila nilai  $F_{Hitung} < F_{Tabel}$  dan jika nilai  $F_{Hitung} > F_{Tabel}$  menunjukkan faktor mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap respon. Berikut merupakan persamaan F rasio :

$$F \text{ rasio} = \frac{SS_A}{SS_E} \quad (2.13)$$

9. Persen Kontribusi

Persen kontribusi adalah fungsi dari jumlah kuadrat untuk masing – masing item. Persen kontribusi menyatakan kekuatan relatif suatu faktor atau interaksi untuk mengurangi variasi.

$$SS'_A = SS'_A + MS_E (V_A) \quad (2.14)$$

Dimana :

$SS'_A$  = Banyak kuadrat variabel yang dihitung persen kontribusi

$SS_T$  = Jumlah kuadrat total

$V_A$  = Derajat kebebasan yang dihitung persen kontribusi

$MS_E$  = Rata – rata kuadrat dari variabel *error*

$$\rho = \frac{SS'_A}{SS_T} \times 100\% \quad (2.15)$$

### 2.8.3 Rasio S/N (*Signal-To-Noise*)

Konsep S/N Rasio (Rasio Signal To Noise) telah dikembangkan dalam metode Taguchi untuk eksperimen yang melibatkan banyak faktor. Eksperimen yang seperti ini biasa dikenal sebagai eksperimen faktor ganda. Rasio S/N disusun sedemikian rupa hingga peneliti selalu dapat memilih nilai level faktor yang paling ideal untuk meningkatkan karakteristik kualitas eksperimen. Sehingga dalam metode rasio S/N bergantung pada karakteristik kualitas yang diinginkan, seperti apakah nilai yang semakin kecil dianggap lebih baik atau apakah nilai yang semakin besar dianggap lebih baik (Soejanto, 2009). Dalam perhitungan metode rasio S/N ada tiga jenis kualitas, seperti :

- **Semakin Kecil Semakin Baik**

Dalam karakteristik kualitas ini hasil yang paling rendah maka akan semakin baik, analisa ini biasanya digunakan untuk menganalisa kecacatan produk, rumus yang digunakan dalam analisan ini adalah sebagai berikut :

$$S/N = -10 \log \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right) \quad (2.16)$$

- **Semakin Besar Semakin Baik**

Dalam karakteristik kualitas semakin besar semakin baik nilai yang paling besar merupakan nilai yang paling ideal dan untuk menghitung analisa ini bisa menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$S/N = -10 \log \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right) \quad (2.17)$$

- Tertuju Pada Nilai Tertentu

Penggunaan analisa ini adalah untuk mencapai hasil yang telah ditentukan dan tidak ada hasil terkecil dan terbesar seperti pada dua jenis analisa sebelumnya, analisa ini bisa dihitung dengan persamaan berikut :

$$S/N = 10 \log \left( \frac{\mu}{\sigma^2} \right) \quad (2.18)$$

## 2.9 Penelitian Terdahulu

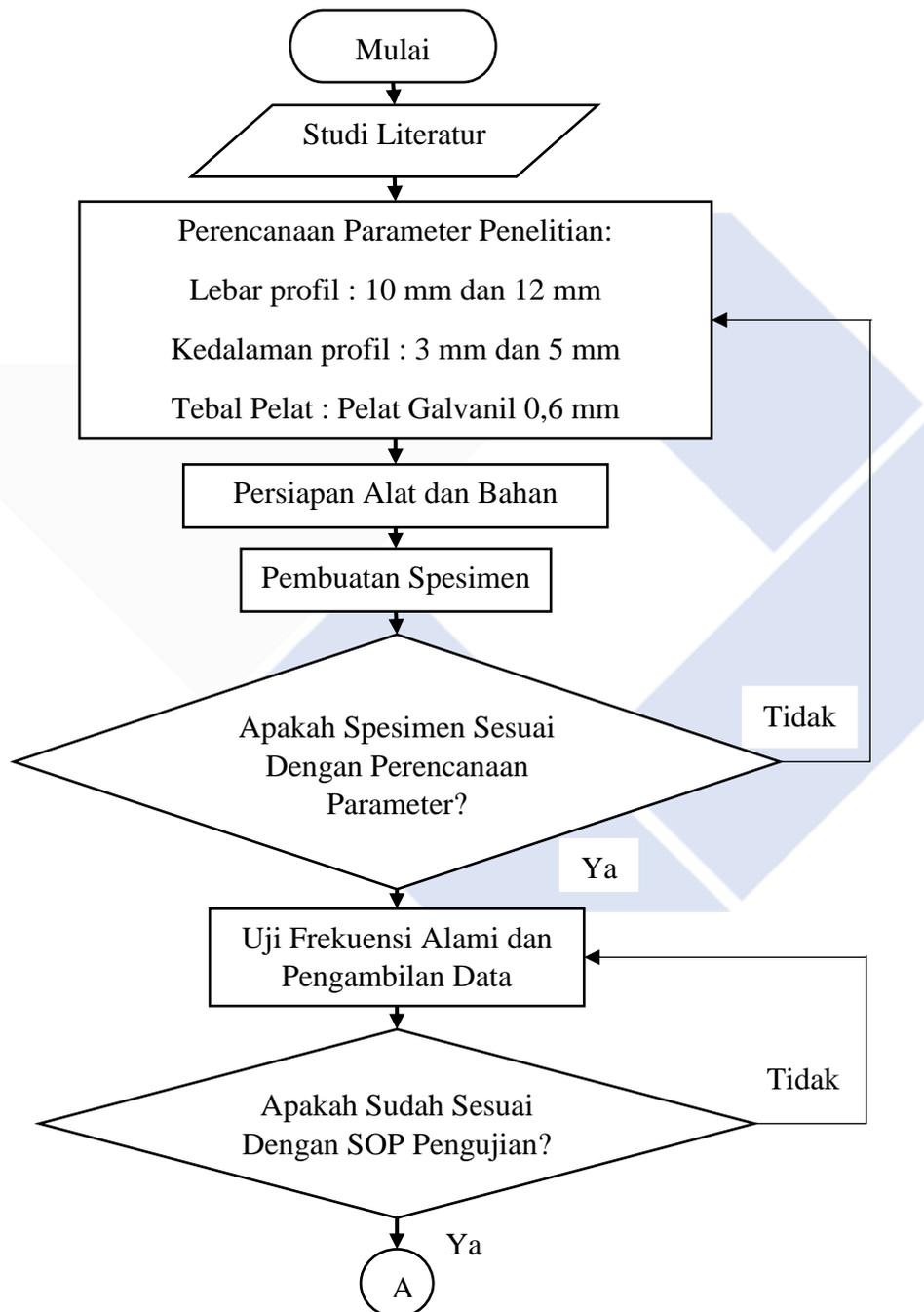
Teori dari hasil – hasil penelitian sebelumnya sangat penting sebagai dasar atau referensi data pendukung yang sesuai. Fokus utama yang dijadikan acuan pada penelitian sebelumnya adalah pengujian getaran pada panel. Berikut informasi hasil dari penelitian pengujian getaran pada panel yang dijadikan sebagai referensi sekaligus perbandingan hasil penelitian sebelumnya ditunjukkan tabel 2.2 di bawah ini.

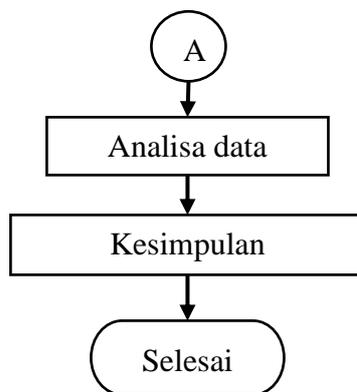
Tabel 2. 2 Hasil Dari Perbandingan Penelitian Sebelumnya

No	Jurnal	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelian
1.	(Darensyah et al., 2023)	Pengaruh Pengerolan Pelat Kondisi Dingin Terhadap Kekakuan Pelat Pada Bak Mobil Pick Up	Untuk meningkatkan frekuensi alamiah dan kekakuan pelat dengan membentuk alur pada pelat.	Uji frekuensi pribadi menggunakan Vibroport 80
2.	(Sukanto et al., 2014)	Pengaruh Perubahan Bentuk Bead Panel Kendaraan terhadap Frekuensi Alamiah pada Kondisi Batas Bebas-Bebas	Mengetahui perbedaan frekuensi alamia panel kendaraan setelah dan sesudah mengalami perubahan bentuk bead.	Uji Frekuensi alamia berbasis <i>labview</i>
3.	(Nur Kholis et al., 2024)	Analisa Kekakuan Pelat Terhadap Pembentukka Dimpel Dies Dengan Variasi Diameter Lubang dan Jumlah Lubang Dimple	Untuk mengetahui frekuensi natural panel atau pelat setelah berubah bentuk menjadi <i>dimple</i>	Uji frekuensi natural dengan Vibroport 80

**BAB III**  
**METODOLOGI PENELITIAN**

**3.1 Diagram Alir**





Gambar 3. 1 Diagram Alir

### **3.1.1 Studi Literatur**

Pada langkah awal penelitian yaitu mencari beberapa sumber referensi seperti, jurnal, buku, artikel, serta materi pada internet dengan tujuan agar mendapatk gambaran proses dan teknik melakukan penelitian uji terhadap frekuensi pribadi pelat menggunakan metode *bead roll*. Dengan melakukan prosedur ini, peneliti dapat memperoleh pemahaman yang lengkap dan menyeluruh tentang pendekatan yang digunakan dalam penelitian sebelumnya yang serupa. Selain itu informasi yang diperoleh dari berbagai sumber dapat digunakan sebagai referensi dan perbandingan hasil penelitian yang akan dilakukan, ini memungkinkan peneliti untuk mengetahui hasil dan kemajuan dari penelitian mereka.

### **3.1.2 Perencanaan Parameter Penelitian**

Untuk parameter pada penelitian ini yang digunakan sebagai rujukan, yaitu:

#### **1. Variabel Proses**

Variabel proses pada proses penelitian ini, yaitu lebar profil alur, kedalaman profil alur, dan ketebalan pelat.

#### **2. Variabel Respon**

Variable respon pada penelitian ini adalah pengujian frekuensi alami untuk mendapatkan hasil frekuensi dari proses pembentukan profil dengan pengerolan *bead roll*.

### **3.1.3 Persiapan Alat dan Bahan**

#### **1. Persiapan Bahan Penelitian**

Sebelum melakukan penelitian ini, mempersiapkan bahan spesimen berupa pelat galvanil dengan ketebalan 0,6 mm dan ukuran 575 mm × 600 mm yang ditunjukkan pada gambar 3.2 di bawah:



Gambar 3. 2 Pelat Galvanil

## 2. Persiapan Alat

Alat yang digunakan untuk membantu proses penelitian ini yaitu:

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

Alat *bead roller* digunakan untuk proses pembentukan profil alur pada pelat. Persiapan alat pengerol(*bead roller*) dilakukan dengan membuat alat melalui serangkaian proses mulai dari pemotongan dan pembentukan pelat 10 mm dilanjutkan proses pembubutan pada 2 poros untuk memutar mata roll selanjutnya proses pengeboran pada bushing penopang poros kemudian pembuatan engkol putar dan setelah seluruh komponen selesai dibuat selanjutnya melakukan proses perakitan komponen sampai menjadi alat pengerol (*bead roll*). Alat *bead roller* ditunjukkan pada gambar 3.3 dibawah ini.



Gambar 3. 3 Alat Bead Roll

## 2. Mata Roll (*dies*)

Mata roll (*dies*) sendiri dibuat dengan proses pemesinan yaitu pembubutan. Mata roll (*dies*) digunakan untuk membentuk profil alur trapesium dengan proses pengerolan arah menyilang pada pelat.



Gambar 3. 4 Mata Roll (*Dies*)

## 3. Gerinda Tangan

Gerinda tangan digunakan sebagai alat untuk memotong bahan pelat galvanil dengan dimensi 575 mm × 600. Gambar gerinda tangan ditunjukkan pada gambar 3.5 berikut:



Gambar 3. 5 Gerinda Tangan

#### 4. *Vibroport 80*

*Vibroport 80* digunakan untuk mengetahui nilai frekuensi saat melakukan uji frekuensi alami pada pelat yang telah dilakukan proses pengerolan menggunakan alat *bead roller*. Di bawah ini merupakan gambar *vibroport 80*:



Gambar 3. 6 Alat Uji Vibroport 80

#### 5. *Hammer Input Vibrotest*

*Hammer Input Vibrotest* merupakan alat bantu untuk melakukan uji ketukan pada pelat uji yang telah dijepit pada meja jepit. *Hammer Input Vibrotest* akan disambungkan dengan *vibroport 80* saat melakukan uji nilai frekuensi alami hasil dari ketukan.



Gambar 3. 7 *Hammer Input Vibrotest*

## 6. Meja Jepit

Meja jepit dipergunakan untuk tempat uji spesimen yang sudah dilakukan proses pembentukan profil alur saat melakukan pengujian atau biasa dikenal pengujian kondisi jepit – jepit.



Gambar 3. 8 Meja Uji Jepit

### 3.1.4 Desain Eksperimen

Desain eksperimen (*design of eksperimen*) merupakan metode yang digunakan untuk meningkatkan efisiensi hasil dari pengerolan pelat *bead roll*. Dalam metode ini menyertakan desain faktorial data untuk berbagai variasi faktor dan variabel yang kemudian dimasukkan kedalam *software minitab*, tujuannya adalah untuk memberikan data penelitian dan mengetahui pengaruh masing – masing faktor. Dalam penelitian ini parameter yang digunakan adalah lebar profil alur dan kedalaman profil alur.

### 3.1.5 Menentukan Faktor Penelitian dan Level Penelitian

Parameter proses yang digunakan pada penelitian ini yaitu Lebar profil alur (mm) dan kedalaman profil alur (mm). Berdasarkan dari perhitungan total derajat kebebasan dan bersumber dari studi literatur parameter proses yang dipilih

yaitu faktor dan level eksperimen maka desain *Taguchi orthogonal array L<sub>4</sub>* dengan dua faktor dan dua level dipilih pada penelitian ini. Tabel 3.1 menampilkan parameter dan level dalam penelitian ini. Tabel 3.2 menampilkan parameter tetap. Tabel 3.3 menampilkan total derajat kebebasan. Tabel 3.4 dan 3.5 menampilkan rancangan dari matriks *Taguchi orthogonal array L<sub>4</sub>* dengan faktorial penelitian.

Tabel 3. 1 Parameter Dan Level Penelitian

<b>Parameter Pengerolan</b> <i>Bead Roll</i>	<b>Level Penelitian</b>	
	<b>Level 1</b>	<b>Level 2</b>
Lebar Profil Alur	10 mm	12 mm
Kedalaman Profil Alur	3 mm	5 mm

Tabel 3. 2 Parameter Tetap

<b>Parameter Tetap</b>	<b>Nilai Parameter Tetap</b>
Pelat Galvanil	0,6 mm

Tabel 3. 3 Total Derajat Kebebasan

<b>Parameter Proses</b>	<b>Jumlah Level (k)</b>	<b>vfl = (k-1)</b>
Lebar Profil Alur	2	1
Kedalaman Profil Alur	2	1
Total Derajat Kebebasan		2

Tabel 3. 4 Desain *Taguchi Orthogonal Array L<sub>4</sub>*

<b>No. Ekp</b>	<b>Lebar Profil Alur</b>	<b>Kedalaman Profil Alur</b>
1	1	1
2	1	2
3	2	1
4	2	2

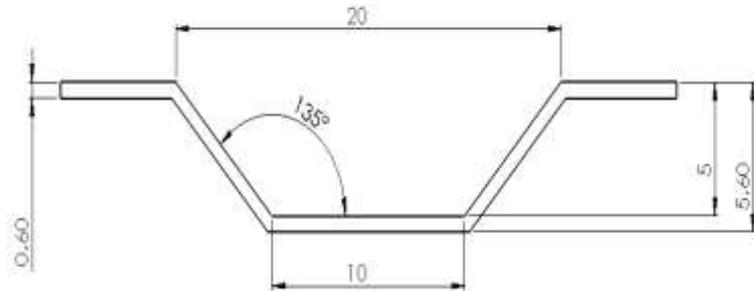
Tabel 3. 5 Desain Faktor Penelitian

No. Ekp	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

Tabel 3.5 akan menjadi dasar pada penelitian ini. Seluruh nilai parameter akan dikalkulasikan menggunakan *software minitab* dan spesimen pelat *bead roll* akan dibuat tiga buah replikasi. Hasil dari spesimen yang telah dilakukan proses pengerolan *bead roll* selanjutnya diuji dan dihitung rata – rata frekuensi alaminya.

### 3.1.6 Pembuatan Spesimen

Proses pembuatan spesimen dilakukan dengan menggunakan alat *bead roller*, bahan yang digunakan sebagai spesimen adalah pelat galvanil dengan ukuran 600 mm × 575 mm dengan ketebalan 0,6 mm yang kemudian dilakukan proses pembentukan profil alur dengan proses pengerolan menggunakan alat *bead roller*. Tujuan dari proses pengerolan ini adalah untuk membentuk profil alur pada pelat datar sehingga pelat menjadi lebih kaku dibandingkan dengan pelat datar yang tidak mengalami proses pembentukan profil alur. Proses pengerolan dilakukan bolak – balik atau berulang sampai mencapai kedalaman yang sesuai dengan ukuran. Gambar alur profil spesimen dapat dilihat pada gambar 3.9 di bawah ini.



Gambar 3. 9 Bentuk Alur Trapesium Lebar 10 mm Kedalaman 5 mm

### 3.1.7 Validasi Spesimen

Proses validasi spesimen dilakukan agar ukuran spesimen sesuai dengan variabel proses penelitian yang dapat dilihat pada tabel 3.5 di atas sehingga didapatkan hasil spesimen yang baik. Proses validasi spesimen dilakukan dengan melakukan pengukuran lebar dan kedalaman profil alur menggunakan jangka sorong kedalaman pada spesimen uji apakah sudah sesuai dengan ketentuan atau belum, jika spesimen tidak sesuai dengan ukuran yang diinginkan maka proses pengerolan akan dilakukan kembali sampai kedalaman profil alur sesuai dengan ketentuan ukuran.

### 3.1.8 Pengujian Frekuensi Alami

Proses pengujian frekuensi dilakukan untuk mengukur dan mengetahui kekakuan pelat yang telah mengalami proses pembentukan profil alur dengan menggunakan alat *vibroprot 80*. Proses pengujian dilakukan dengan cara meletakkan sampel pada meja uji jepit pada kondisi jepit – jepit kemudian sampel dipukul menggunakan *impact hammer* dan hasil ketukan dibaca dengan sensor *accelerometer*, data yang sudah didapatkan kemudian dikumpulkan dan dirata – ratakan untuk selanjutnya dilakukan analisa data.

### 3.1.9 Standar Operasional Prosedur (SOP) Pengujian

Penerapan SOP pengujian dilakukan agar pengujian menghasilkan data yang sesuai dan tidak memiliki selisih perbedaan yang besar akibat dari faktor gangguan luar seperti kesalahan pada penerapan SOP pengujian frekuensi. Berikut merupakan langkah – langkah atau SOP dalam pengujian frekuensi alami :

1. Masukkan spesimen pelat yang telah diproses pada meja jepit.
2. Kemudian kencangkan baut yang ada pada meja jepit sampai pelat tidak bergerak, pastikan spesimen terjepit secara menyeluruh supaya tidak ada celah yang dapat menyebabkan pelat bergerak.
3. Siapkan alat *vibroport* 80 dan pilih menu pengujian kekakuan atau *stiffness*.
4. Kemudian pasang sensor *accelerometer* pada posisi tengah spesimen pelat uji.
5. Lakukan proses pengetukan pada spesimen pelat dengan menggunakan *impact hammer* pada 8 titik pengujian.
6. Data hasil pengujian dapat dilihat setelah melakukan proses pengujian.

### 3.1.10 Analisa Data Pengujian

Analisa data dilakukan untuk mengetahui nilai optimum frekuensi pelat yang telah melalui proses pembentukan profil alur dengan variasi lebar profil alur dan kedalaman profil alur. Pada penelitian menggunakan analisis *Taguchi*, adapun proses analisis yang dilakukan sebagai berikut:

1. *Analisis of Variance*  
Analisis varian merupakan metode yang digunakan untuk menganalisa data hasil pengujian dengan pendekatan statistic.
2. Menghitung S/N Rasio  
Rasio S/N (*Signal To Noise*) merupakan identifikasi faktor utama yang mempengaruhi hasil eksperimen, dengan karakteristik kualitas respons yang semakin kecil semakin baik “*Smaller Is Better*” untuk respon frekuensi alami
3. Penentuan variabel respon yang optimal

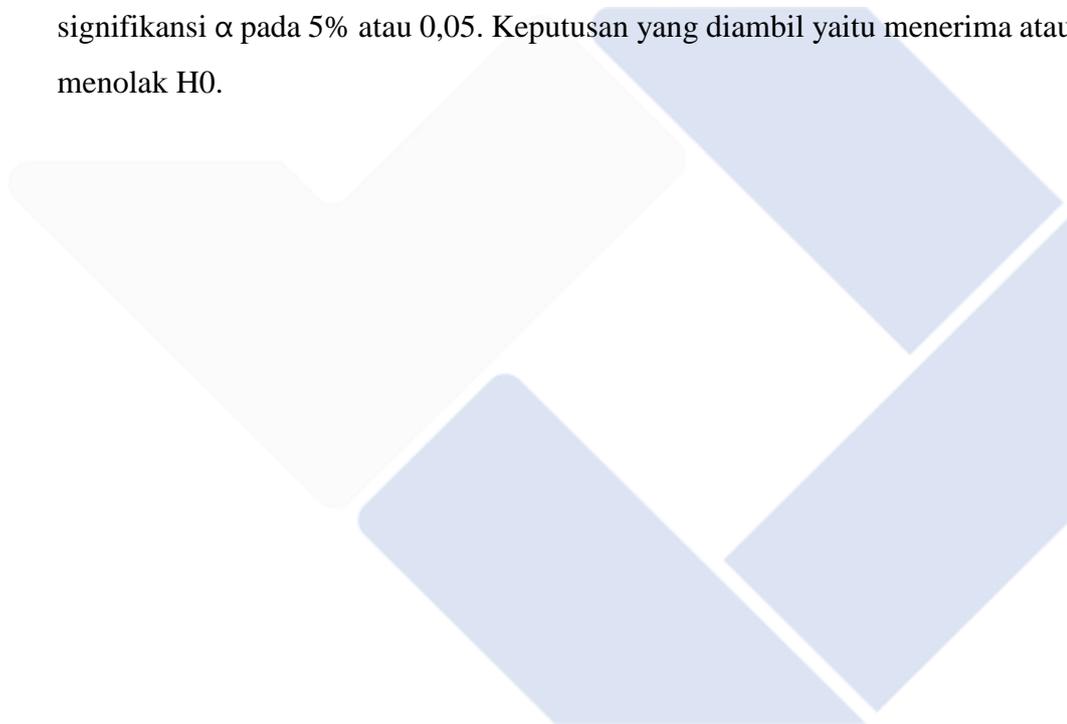
Penetapan variabel respon yang optimal dengan cara membuat tabel variabel respon untuk mempermudah penentuan variabel respon yang optimal berdasarkan hasil analisa.

4. Persen kontribusi

Untuk mengetahui seberapa besar kontribusi oleh masing – masing variabel interaksi.

5. Uji hipotesis F

Uji hipotesis F dilakukan untuk mengetahui pengaruh yang signifikan dari masing – masing variabel respon terhadap eksperimen dengan tingkat signifikansi  $\alpha$  pada 5% atau 0,05. Keputusan yang diambil yaitu menerima atau menolak  $H_0$ .



## BAB IV

### ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Proses Pembuatan Spesimen

Pembuatan spesimen dikerjakan di Laboratorium Teknik Mesin Polman Babel tepatnya pada sektor Laboratorium Las Fabrikasi Logam (lapalo). Bahan spesimen yang digunakan yaitu pelat galvanil ketebalan 0,6 mm dengan dimensi 600 mm × 575 mm kemudian dilakukan proses pembentukan profil alur dengan proses pengerolan pada pelat menggunakan alat *bead roller* pada spesimen pelat yang telah dibentuk seperti pada gambar 4.1. Pada gambar 4.2 adalah hasil dari proses pembentukan profil pelat. Tujuan dari proses pengerolan ini adalah untuk membentuk profil pada permukaan pelat datar. Dengan melakukan proses pembentukan profil pada pelat, proses ini memiliki pengaruh untuk meningkatkan kekakuan pelat.



Gambar 4. 1 Proses Pembentukan Profil Pelat



Gambar 4. 2 Hasil Proses Pembentukan Profil

#### 4.2 Pengujian dan Pengumpulan Data Frekuensi

Spesimen yang telah dibentuk kemudian diuji dengan menggunakan alat *Vibroport 80* untuk melihat hasil frekuensi alami dan kekakuan pada pelat yang telah mengalami pembentukan profil alur. Berikut merupakan urutan proses untuk pengambilan data:

1. Letakkan sampel pelat yang telah dilakukan proses pembentukan profil pada meja jepit.
2. Kemudian baut yang ada pada meja jepit di kencangkan sampai pelat tidak bergerak.
3. Siapkan alat *vibroport 80*, setelah pada tampilan awal kemudian tekan menu *Transfer Fuction* sampai masuk ke tampilan selanjutnya.
4. Setelah muncul tampilan *Transfer Fuction* kemudian pilih opsi *Stiffeness*.
5. Konfigurasi spesifikasi untuk pengujian yang akan dilaksanakan ditunjukkan pada tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4. 1 Setup Spesifikasi Vibroport 80

Input Channel/Sensor	1
Excitation Mode	Hammer
Sensor Yang Digunakan	ASx-06x/07x(100mV/g)

Res Input Range	Automatic
Hammer Unit	Newton
H. Sens.(mV/N)	2.00
H. CCS Power	ON
Hammer Range	Automatic
Measurement	Stiffness
Meas Units	N/ $\mu$ m
Y- Axis	Log
Low Pass	1000 Hz
Lines	800
Window	Uniform
Num Of Averages	5
Accept/Reject	Manual
Invert Phase	Off
Good Coherence	80%
Save To	Card
Posn.Autoincr	Off

6. Kemudian tekan start lalu mulai lakukan pengujian.
7. Gambar 4.3 menunjukkan proses pengujian dan pengambilan data.



Gambar 4. 3 Proses Pengujian Dan Pengambilan Data

Proses pengujian dilakukan dengan delapan kali ketukan pada tiap spesimen dan data hasil pengujian dapat diamati pada tabel 4.2 untuk pelat datar yang belum mengalami proses pembentukan, tabel 4.3 untuk lebar profil alur 10 mm dengan kedalaman profil alur 5 mm, tabel 4.4 untuk lebar profil alur 10 mm dengan kedalaman profil alur 3 mm, tabel 4.5 untuk lebar profil alur 12 mm dengan kedalaman profil alur 3 mm, dan tabel 4.6 untuk lebar profil alur 12 mm dengan kedalaman 5 mm. Data dari hasil pengujian kemudian di rata – ratakan seperti pada tabel 4.7.

Tabel 4. 2 Data Uji Pelat Datar

Ketukan	Pelat Datar
1	193,99
2	114,99
3	127,99
4	118,99
5	119,64
6	99,96
7	138,99
8	115,99
Rata – Rata	128,81

Tabel 4. 3 Data Uji Lebar Profil 10 mm Kedalaman 5 mm

Ketukan	Pelat 1	Pelat 2	Pelat 3
1	57,80	44,70	172,99
2	163,32	49,67	68,21
3	91,05	56,50	81,49
4	100,41	218,43	81,49
5	50,09	47,97	41,03
6	122,93	92,84	62,32
7	278,39	51,36	134,32
8	138,81	102,98	216,67
Rata – Rata	125,35	83,05	107,22

Tabel 4. 4 Data Uji Lebar Profil 10 mm Kedalaman Profil 3 mm

Ketukan	Pelat 1	Pelat 2	Pelat 3
1	25,72	56,19	201,68
2	68,94	319,99	87,12
3	68,17	55,94	81,71
4	66,42	294,70	51,19
5	73,93	77,24	62,14
6	153,44	130,58	62,14
7	39,91	88,26	76,29
8	150,11	39,99	33,77
Rata – Rata	80,83	132,86	84,90

Tabel 4. 5 Data Uji Lebar Profil 12 mm Kedalaman Profil 3 mm

Ketukan	Pelat 1	Pelat 2	Pelat 3
1	96,54	69,55	74,61
2	219,20	318,99	132,81
3	165,82	76,54	42,89
4	72,76	120,37	117,14
5	75,38	84,49	67,14
6	78,06	54,13	285,99
7	74,29	109,70	53,99
8	138,32	81,60	40,49
Rata – Rata	115,04	114,42	101,88

Tabel 4. 6 Data Uji Lebar Profil 12 mm Kedalaman Profil 5 mm

Ketukan	Pelat 1	Pelat 2	Pelat 3
1	26,72	87,84	121,33
2	53,83	46,02	148,56
3	209,14	70,52	143,12
4	227,08	49,66	99,72
5	70,71	35,76	105,88
6	140,77	84,05	50,81
7	38,52	39,54	68,40
8	39,77	47,91	150,77
Rata – Rata	100,81	57,66	111,07

Setelah didapatkan data hasil pengujian pada masing – masing pelat uji, kemudian dilakukan perhitungan rata – rata pada setiap hasil pengetukan. Kemudian hasilnya dirata – ratakan menggunakan metode *Taguchi*.

### 4.3 Data Hasil Pengujian

Penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui frekuensi pelat *bead roll* yang telah mengalami proses pengerolan dengan perbedaan variasi lebar profil alur dan kedalaman profil alur. Penelitian ini melibatkan analisis hasil yang didapat setelah melakukan pengujian pada sampel pelat yang telah mengalami proses sebelumnya. Untuk pengambilan data dilakukan 3 kali pengulangan atau replikasi. Dalam penelitian ini menggunakan analisis *Taguchi*. Hasil pengujian secara menyeluruh dapat dilihat pada tabel 4.7 di bawah ini:

Tabel 4. 7 Data Hasil Pengujian

Eks	Faktor		Frekuensi(Hz)			Jumlah	Means
	Lebar Profil Alur	Kedalaman Profil Alur	1	2	3		
1	10 mm	3 mm	80,83	132,86	84,90	298,59	99,53
2	10 mm	5 mm	125,35	83,05	107,22	315,62	105,20
3	12 mm	3 mm	115,04	114,42	101,08	330,54	110,18
4	12 mm	5 mm	100,81	57,66	111,07	269,54	89,84
Rata - Rata							101,18

### 4.4 Analisis Of Varians

#### 4.4.1 Perhitungan Rata – Rata Respon Setiap Faktor

Pengaruh level faktor yang memiliki pengaruh terhadap kekakuan pelat yang telah melalui proses pembentukan profil terhadap respon frekuensi alami dapat diketahui dengan perhitungan langsung. Perhitungan rata – rata respon dari tiap faktor sebagai berikut:

A. Perhitungan faktor A (Lebar Profil Alur)

Faktor lebar profil alur level 1

$$\bar{A}_1 = \frac{99,53 + 105,20}{2} = 102,36$$

Faktor lebar profil alur level 2

$$\bar{A}_2 = \frac{110,18 + 89,84}{2} = 100,01$$

B. Perhitungan faktor B (Kedalaman Profil Alur)

Faktor kedalaman profil alur level 1

$$\bar{B}_1 = \frac{99,53 + 110,18}{2} = 104,85$$

Faktor kedalaman profil alur level 2

$$\bar{B}_2 = \frac{105,20 + 89,84}{2} = 97,52$$

Berdasarkan hasil dari analisa hasil rata – rata dari level pengaruh faktor lebar profil alur dan kedalaman profil alur yang mempengaruhi kekakuan pelat terhadap frekuensi alami hasil perhitungan pada Tabel 4.8 di bawah:

Tabel 4. 8 Respon Rata-Rata Hasil Perhitungan Frekuensi Alami

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



Gambar 4. 4 Grafik Respon Rata-Rata Terhadap Frekuensi Alami

(Sumber : *Software Minitab*)

Berdasarkan gambar di atas hasil dari rata – rata frekuensi alami pada setiap variabel proses dapat diketahui. Proses yang menciptakan respon yang optimum ditampilkan pada tabel 4.9 di bawah ini:

Tabel 4. 9 Kombinasi Variabel Proses Untuk Respon Optimal

No	Variabel Proses	Level	Nilai Level
1	Lebar Profil Alur	1	12 mm
2	Kedalaman Profil Alur	2	5 mm

#### 4.4.2 Analisis Varian dan Persen Kontribusi

Metode ini bisa untuk digunakan untuk mengukur atau mengetahui variabel atau faktor yang memiliki pengaruh pada setiap faktor pada penelitian. Penelitian ini menggunakan analisis varian dua arah dengan tingkat signifikan  $\alpha$  biasanya diatur 5% atau 0,05. Dalam analisis varian yang terdapat beberapa perhitungan seperti jumlah kuadrat, derajat kebebasan (*degree of freedom*), rata – rata kudrat, dan f – rasio.

### A. Jumlah Kuadrat (*Sum Of Square*) Faktor Lebar Profil (Faktor A)

Menghitung hasil jumlah kuadrat dapat menggunakan persamaan 2.5.

$$SS_A = \frac{204,73^2}{2} + \frac{200,02^2}{2} - \frac{404,75^2}{4} = 5,54$$

Untuk menghitung derajat kebebasan dengan persamaan 2.6.

$$\begin{aligned} V_A &= 2 - 1 \\ &= 1 \end{aligned}$$

Menghitung rata – rata kuadrat (*Mean Square*) dengan persamaan 2.7.

$$MS_A = \frac{5,54}{1} = 5,54$$

Untuk menghitung kuadrat total dengan persamaan 2.8.

$$\begin{aligned} SS_T &= (99,53)^2 + (105,20)^2 + (110,18)^2 + (89,84)^2 \\ &= 41184,11 \end{aligned}$$

Menghitung jumlah kuadrat akibat rata – rata (*Mean*) dengan persamaan 2.9.

$$SS_m = 4 \times (101,18^2) = 40949,56$$

Untuk menghitung total kuadrat *error* menggunakan persamaan 2.11

$$SS_{faktor} = 5,54 + 53,8 = 59,34$$

Untuk menghitung *Residual error* dapat menggunakan persamaan 2.10

$$\begin{aligned} SSe &= 41184,11 - 40949,56 - 59,34 \\ &= 175,21 \end{aligned}$$

Untuk menghitung f-rasio dengan persamaan 2.13

$$F \text{ rasio} = \frac{5,54}{175,31} = 0,03$$

## B. Jumlah Kuadrat (*Sum Of Square*) Faktor Kedalaman Profil(Faktor B)

Untuk menghitung hasil jumlah kuadrat dapat menggunakan persamaan 2.5.

$$SS_B = \frac{209,71^2}{2} + \frac{195,04^2}{2} - \frac{404,75^2}{4} = 53,8$$

Untuk menghitung derajat kebebasan dengan persamaan 2.6.

$$\begin{aligned} V_B &= 2 - 1 \\ &= 1 \end{aligned}$$

Menghitung rata – rata kuadrat (*Mean Square*) dengan persamaan 2.7.

$$MS_B = \frac{53,8}{1} = 53,8$$

Untuk menghitung total kuadrat total dengan persamaan 2.8.

$$\begin{aligned} SS_T &= (99,53)^2 + (105,20)^2 + (110,18)^2 + (89,84)^2 \\ &= 41184,11 \end{aligned}$$

Untuk menghitung jumlah kuadrat rata – rata (*Mean*) dengan persamaan 2.9.

$$SS_m = 4 \times (101,18^2) = 40949,56$$

Untuk menghitung total kuadrat *error* menggunakan persamaan 2.11

$$SS_{\text{faktor}} = 5,44 + 53,8 = 59,24$$

Untuk menghitung *Residual error* dapat menggunakan persamaan 2.10

$$\begin{aligned} SSe &= 41184,11 - 40949,56 - 59,34 \\ &= 175,1 \end{aligned}$$

Untuk menghitung f-rasio dengan persamaan 2.13

$$F \text{ rasio} = \frac{53,8}{175,21} = 0,30$$

$$SS_{\text{Total}} = 5,54 + 53,8 + 175,31 = 234,65$$

Hasil perhitungan analisis varian (ANOVA) di atas terhadap rata – rata frekuensi alami pada pelat yang telah dilakukan pengerolan dapat diamati pada Tabel 4.10 di bawah ini:

Tabel 4. 10 Analisis Varian Rata-Rata Frekuensi Alami

<b>Sumber</b>	<b>V</b>	<b>SS</b>	<b>Ms</b>	<b>F-rasio</b>
<b>A</b>	<b>1</b>	5,54	5,54	0,03
<b>B</b>	<b>1</b>	53,8	53,8	0,30
<b>Error</b>	<b>1</b>	175,21	175,21	-
<b>Total</b>	<b>3</b>	234,65	-	-

Untuk mengetahui besarnya kontribusi yang diberikan masing – masing faktor terhadap respon frekuensi alami, maka perlu dilakukan perhitungan SS'.

$$\begin{aligned}
 SS'_A &= SS'_A - MS_E (V_A) \\
 &= 5,54 - 175,31 \\
 &= -169,77
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SS'_B &= SS'_B - MS_E (V_A) \\
 &= 53,8 - 175,31 \\
 &= -121,51
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SS_e &= SS_T - SS'_A - SS'_B \\
 &= 234,65 - (-169,77) - (-121,51) \\
 &= 525,93
 \end{aligned}$$

Kemudian persen kontribusi dari setiap faktor dihitung menggunakan persamaan 2.15.

$$\rho_A = \frac{-169,77}{234,55} \times 100\% = -0,723\%$$

$$\rho_B = \frac{-121,51}{234,55} \times 100\% = -0,518\%$$

$$\rho_E = \frac{175,31}{234,55} \times 100\% = 0,747\%$$

Tabel 4.11 di bawah ini hasil perhitungan persen kontribusi di atas dari setiap faktor.

Tabel 4. 11 Persen Kontribusi Setiap Faktor

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

Berdasarkan perhitungan persen kontribusi di atas menunjukkan masing – masing faktor tidak mempengaruhi kekakuan pelat secara signifikan yang telah mengalami proses pengerolan *bead roll* untuk respon frekuensi alami. Hal ini berarti setiap faktor tidak mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap respon dikarenakan adanya faktor gangguan lainnya.

Menurut hasil perhitungan analisis varian pada tabel 4.10 didapatkan nilai  $F_{Hitung}$  faktor kedalaman profil alur mempunyai hasil yang lebih besar dibanding dengan faktor lebar profil alur. Berikut perbandingan  $F_{Hitung}$  dengan  $F_{Tabel}$  :

Apabila  $F_{Hitung} < F_{Tabel}$  ,maka tidak ada pengaruh terhadap frekuensi alami

Apabila  $F_{Tabel} > F_{Hitung}$  , maka ada pengaruh terhadap frekuensi alami

#### 1. Faktor Lebar Profil Alur

$H_0$  : Tidak memiliki pengaruh faktor terhadap frekuensi alami

$H_1$  : Memiliki pengaruh faktor terhadap frekuensi alami

Berdasarkan hasil perhitungan dapat ditarik kesimpulan  $F_{\text{Hitung}} = 0,03 < F_{\text{Tabel}}(0,05;1;3) = 10,13$ , pada situasi ini kondisi  $H_1$  ditolak dan  $H_0$  gagal ditolak yang berarti faktor lebar profil alur tidak memiliki pengaruh terhadap kekakuan pelat untuk respon frekuensi alami.

## 2. Faktor Kedalaman Profil Alur

$H_0$  : Tidak memiliki pengaruh faktor terhadap frekuensi alami

$H_1$  : Ada pengaruh faktor terhadap frekuensi alami

Berdasarkan hasil perhitungan dapat ditarik kesimpulan  $F_{\text{Hitung}} = 0,30 < F_{\text{Tabel}}(0,05;1;3) = 10,13$ , pada situasi ini kondisi  $H_1$  ditolak dan  $H_0$  gagal ditolak, yang berarti faktor kedalaman profil alur tidak memiliki pengaruh terhadap kekakuan pelat untuk respon frekuensi alami.

Tabel 4. 12 Kondisi Hipotesis Nol Pada Setiap Variabel Proses

<b>Faktor</b>	<b>Kondisi <math>H_0</math></b>
<b>Lebar Profil Alur</b>	Gagal ditolak
<b>Kedalaman Profil Alur</b>	Gagal ditolak

Berdasarkan Tabel 4.12 dapat diambil kesimpulan bahwa kondisi  $H_0$  gagal ditolak dan  $H_1$  ditolak, yang artinya masing – masing faktor tidak ada pengaruh yang besar terhadap kekakuan pelat hasil rol menggunakan metode *bead roll* untuk respon frekuensi alaminya.

### 4.4.3 Perhitungan S/N Rasio Respon

S/N Rasio adalah teknik perhitungan konversi pengulangan data pada suatu nilai ukuran varian yang muncul. S/N Rasio bergantung pada karakteristik masing – masing respon. Pada penelitian ini perhitungan S/N Rasio dilakukan dengan karakteristik kualitas frekuensi alami terhadap kekakuan pelat dimana

nilainya semakin kecil akan semakin baik. Berikut merupakan perhitungan S/N Rasio:

$$\text{Eksperimen 1 : S/N} = -10 \text{ Log} \left[ \frac{1}{3} [80,83^2 + 132,86^2 + 84,90^2] \right] = -40,19$$

$$\text{Eksperimen 2 : S/N} = -10 \text{ Log} \left[ \frac{1}{3} [125,35^2 + 83,05^2 + 107,22^2] \right] = -40,55$$

$$\text{Eksperimen 3 : S/N} = -10 \text{ Log} \left[ \frac{1}{3} [115,04^2 + 114,42^2 + 101,08^2] \right] = -40,85$$

$$\text{Eksperimen 4 : S/N} = -10 \text{ Log} \left[ \frac{1}{3} [100,81^2 + 57,66^2 + 111,07^2] \right] = -39,34$$

Menurut perhitungan S/N Rasio di atas akan diperoleh hasil kekakuan pelat terhadap respon frekuensi alami yang mempunyai karakter *small is better* pada Tabel 4.13 di bawah ini:

Tabel 4. 13 S/N Rasio Frekuensi Alami

Eks	Faktor		Frekuensi(Hz)			S/N
	A	B	Pelat1	Pelat2	Pelat3	
1	10 mm	3 mm	80,83	132,86	84,90	-40,19
2	10 mm	5 mm	125,35	83,05	107,22	-40,55
3	12 mm	3 mm	115,04	114,42	101,08	-40,85
4	12 mm	5 mm	100,81	57,66	111,07	-39,34
Rata - Rata						-40,23

#### 4.4.4 Pengaruh Level Faktor Terhadap Varian Frekuensi Alami

Berikut merupakan analisis varian S/N Rasio kekakuan pelat terhadap frekuensi alaminya dengan gabungan level pada tiap faktor:

A. Perhitungan S/N Rasio Faktor Lebar Profil Alur(A)

Untuk faktor lebar profil alur level 1

$$\bar{A}_1 = \frac{-40,19 + (-40,55)}{2} = -40,37$$

Untuk faktor lebar profil alur level 2

$$\overline{A_2} = \frac{-40,85 + (-39,34)}{2} = -40,09$$

B. Perhitungan S/N Rasio Faktor Kedalaman Profil Alur(B)

Untuk faktor kedalaman profil alur level 1

$$\overline{B_1} = \frac{-40,19 + (-40,85)}{2} = -40,52$$

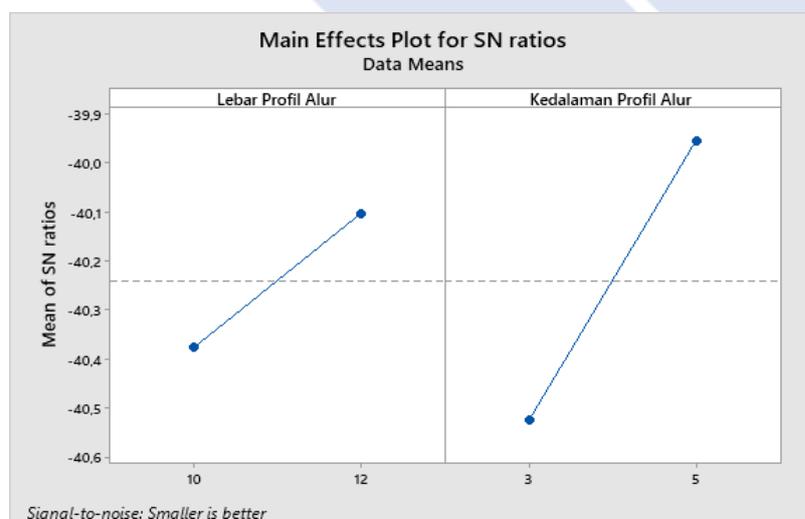
Untuk faktor kedalaman profil alur level 2

$$\overline{B_2} = \frac{-40,55 + (-39,34)}{2} = -39,94$$

Berdasarkan hasil perhitungan S/N Rasio di atas pengaruh faktor terhadap kekakuan hasil pengerolan terhadap respon frekuensi alaminya bisa dilihat pada tabel 4.14 di bawah:

Tabel 4. 14 Rata-Rata Variabel Respon

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



Gambar 4. 5 Grafik S/N Rasio Terhadap Rata-Rata Hasil Respon

Hasil perhitungan dan grafik S/N Rasio pelat yang telah dilakukan proses pengerolan *bead roll* terhadap frekuensi alami untuk meningkatkan kekakuannya, kombinasi variabel atau faktor yang menghasilkan nilai optimum bisa dilihat pada tabel di bawah:

Tabel 4. 15 Gabungan Variabel Proses Untuk Hasil Respon Optimal

No	Variabel	Level	Nilai Level
1	Lebar Profil Alur	1	12 mm
2	Kedalaman Profil Alur	2	5 mm

#### 4.4.5 Analisis Varian dan Persen Kontribusi S/N Rasio

Analisis Varian digunakan dalam mengukur dan mengetahui variabel proses yang memiliki kontribusi dalam setiap faktor pada penelitian. Dalam analisis varian dua arah dengan tingkat signifikan  $\alpha$  biasanya diatur 5% atau 0,05. Dalam analisis varian terdapat beberapa perhitungan seperti jumlah kuadrat, derajat kebebasan (*degree of freedom*), rata – rata kuadrat, dan f – rasio.

##### A. Perhitungan Nilai Kuadrat (*Sum Of Square*) Faktor Lebar Profil (Faktor A)

Menghitung hasil nilai kuadrat dapat menggunakan persamaan 2.5.

$$SS_A = \frac{-80,74^2}{2} + \frac{-80,19^2}{2} - \frac{-160,93^2}{4} = 0,07$$

Untuk menghitung derajat kebebasan dengan persamaan 2.6.

$$V_A = 2 - 1$$

$$= 1$$

Menghitung rata – rata kuadrat dengan persamaan 2.7.

$$MS_A = \frac{0,07}{1} = 0,07$$

Menghitung jumlah kuadrat total dengan persamaan 2.8.

$$SS_T = (-40,19)^2 + (-40,55)^2 + (-40,85)^2 + (-39,34)^2$$

$$= 6475,88$$

Menghitung jumlah kuadrat karena rata – rata (*Mean*) dengan persamaan 2.9.

$$SS_m = 4 \times (-40,23^2) = 6474,61$$

Untuk menghitung total kuadrat *error* dengan persamaan 2.11

$$SS_{faktor} = 0,07 + 0,33 = 0,4$$

Menghitung *Residual error* dapat menggunakan persamaan 2.10

$$SSe = 6475,88 - 6474,61 - 0,4$$

$$= 0,87$$

Untuk menghitung f-rasio dengan persamaan 2.13

$$F \text{ rasio} = \frac{0,07}{0,87} = 0,080$$

## **B. Perhitungan Nilai Kuadrat (*Sum Of Square*) Faktor Kedalaman Profil (Faktor B)**

Untuk menghitung hasil jumlah kuadrat dapat dengan persamaan 2.5.

$$SS_B = \frac{-81,04^2}{2} + \frac{-79,89^2}{2} - \frac{-160,93^2}{4} = 0,33$$

Untuk menghitung hasil derajat kebebasan dengan persamaan 2.6.

$$V_B = 2 - 1$$

$$= 1$$

Menghitung hasil rata – rata kuadrat dengan persamaan 2.7.

$$MS_B = \frac{0,33}{1} = 0,33$$

Untuk menghitung hasil kuadrat total dengan persamaan 2.8.

$$\begin{aligned} SS_T &= (-40,19)^2 + (-40,55)^2 + (-40,85)^2 + (-39,34)^2 \\ &= 6475,88 \end{aligned}$$

Menghitung jumlah kuadrat akibat rata – rata dengan persamaan 2.9.

$$SS_m = 4 \times (-40,23^2) = 6474,61$$

Untuk menghitung total kuadrat *error* dengan persamaan 2.11

$$SS_{faktor} = 0,07 + 0,33 = 0,4$$

Untuk menghitung *Residual error* dapat dengan persamaan 2.10

$$SS_e = 6475,88 - 6474,61 - 0,4$$

$$= 0,87$$

Untuk menghitung f-rasio dengan persamaan 2.13

$$F \text{ rasio} = \frac{0,33}{0,87} = 0,37$$

$$SS_{Total} = 0,07 + 0,33 + 0,87 = 1,27$$

Hasil perhitungan analisis varian (ANOVA) di atas terhadap kekakuan pelat ditampilkan pada tabel 4.16 sebagai berikut:

Tabel 4. 16 Analisis Nilai Varian S/N Rasio

<b>Sumber</b>	<b>V</b>	<b>SS</b>	<b>Ms</b>	<b>F-rasio</b>
<b>A</b>	<b>1</b>	0,07	0,07	0,080
<b>B</b>	<b>1</b>	0,33	0,33	0,37
<b>Error</b>	<b>1</b>	0,87	0,87	-
<b>Total</b>	<b>3</b>	1,27	-	-

Selanjutnya menentukan kontribusi pada masing – masing variabel pada kekakuan pelat terhadap respon frekuensi alaminya.

$$SS'A = SS'_A - MS_E (V_A)$$

$$= 0,07 - 0,87$$

$$= -0,8$$

$$SS'B = SS'_B - MS_E (V_A)$$

$$= 0,33 - 0,87$$

$$= -0,54$$

$$SS'E = SS_T - SS'_A - SS'_B$$

$$= 1,27 - (-0,8) - (-0,54)$$

$$= 2,61$$

Kemudian persen kontribusi pada setiap faktor dianalisa menggunakan persamaan 2.15.

$$\rho_A = \frac{-0,8}{1,27} \times 100\% = -0,629\%$$

$$\rho_B = \frac{-0,54}{1,27} \times 100\% = -0,425\%$$

$$\rho_E = \frac{0,87}{1,27} \times 100\% = 0,685\%$$

Hasil dari perhitungan persen kontribusi di atas ditampilkan oleh tabel 4.17 di bawah:

Tabel 4. 17 Data Persen Kontribusi S/N Rasio

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

Berdasarkan nilai dari tabel persen kontribusi S/N Rasio diatas dapat diambil kesimpulan bahwa masing – masing variabel proses tidak memiliki kontribusi yang besar terhadap kekakuan pelat untuk respon frekuensi alami yang

telah dilakukan proses pengerolan *bead roll*. Dalam perhitungan ini dapat disimpulkan yaitu, setiap gabungan variabel dan faktor tidak mempengaruhi kekakuan pelat secara signifikan untuk respon frekuensi alami karena disebabkan ada faktor gangguan lainnya.

Menurut hasil perhitungan analisis varian (ANOVA) pada tabel 4.16, bahwa nilai  $F_{Hitung}$  kedalaman profil alur mempunyai nilai yang lebih besar dibandingkan dengan faktor lebar profil alur.

Menurut (Soejanto,2009) menyatakan bahwa:

Apabila  $F_{Hitung} < F_{Tabel}$  ,maka tidak ada pengaruh yang signifikan

Apabila  $F_{Tabel} < F_{Hitung}$  , maka ada pengaruh yang signifikan

#### 1. Faktor Lebar Profil Alur

$H_0$  : Tidak ada pengaruh terhadap frekuensi alami

$H_1$  : Ada pengaruh terhadap frekuensi alami

Berdasarkan hasil dari perhitungan dapat ditarik kesimpulan  $F_{Hitung} = 0,080 < F_{Tabel (0,05;1;3)} = 10,13$ , pada situasi ini, kondisi  $H_1$  ditolak dan  $H_0$  gagal ditolak, yang berarti lebar profil alur tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kekakuan pelat respon frekuensi alami.

#### 2. Faktor Kedalaman Profil Alur

$H_0$  : Tidak ada pengaruh yang signifikan

$H_1$  : Ada pengaruh yang signifikan

Berdasarkan hasil dari perhitungan dapat ditarik kesimpulan  $F_{Hitung} = 0,37 < F_{Tabel (0,05;1;3)} = 10,13$ , pada situasi ini, kondis  $H_1$  ditolak dan  $H_0$  gagal ditolak, yang artinya faktor Kedalaman profil alur tidak memiliki pengaruh terhadap kekakuan pelat respon frekuensi alami. Hipotesis  $H_0$  pada setiap variabel proses dapat dilihat pada Tabel 4.18 di bawah ini:

Tabel 4. 18 Kondisi Hipotesis Nol

Faktor	Kondisi H <sub>0</sub>
Lebar Profil Alur	Gagal ditolak
Kedalaman Profil Alur	Gagal ditolak

Berdasarkan Tabel 4.18 dapat diambil kesimpulan bahwa kondisi H<sub>0</sub> gagal ditolak dan H<sub>1</sub> ditolak yang berarti tingkat kekakuan pelat yang di roll menggunakan metode *bead roll* tidak dipengaruhi secara signifikan oleh setiap faktor untuk respon frekuensi alaminya.

#### 4.4.6 Komparasi Data Penelitian Terdahulu

Komparasi data dilakukan untuk mengetahui perbandingan hasil terhadap penelitian sebelumnya dengan menggunakan teknik perhitungan yang sama dan proses pembentukan yang berbeda, penelitian sebelumnya menggunakan metode *dimple dies*. Data hasil penelitian sebelumnya dapat dilihat pada tabel 4.19 di bawah:

Tabel 4. 19 Data Hasil Penelitian Sebelumnya

Faktor	Frekuensi (Hz)						
	Diameter	Jumlah				Jumlah	Mean
Ekp	Mata bor	Lubang	1	2	3	Jumlah	Mean
	Lubang	<i>Dimple</i>					
1	20 mm	16 buah	365,19	365,72	423,60	1154,51	380,84
2	20 mm	20 buah	313,84	322,25	433,54	1069,63	356,54
3	25 mm	16 buah	365,09	411,41	420,54	1197,04	399,01
4	25 mm	20 buah	284,71	363,30	450,81	1098,82	366,27
Rata-Rata							376,67

Berdasarkan hasil rata – rata frekuensi yang didapat pada penelitian sebelumnya dengan metode *dimple dies* didapat nilai rata – rata frekuensi sebesar 376,67 Hz dan nilai rata – rata untuk pelat dengan metode *bead roll* didapat nilai rata – rata frekuensi sebesar 101,18 Hz. Berdasarkan tujuan dari penelitian dengan karakteristik semakin kecil semakin baik pelat dengan metode *bead roll* memiliki nilai yang optimal dimana memiliki frekuensi yang lebih kecil dibandingkan dengan pelat *dimple*, tetapi faktor proses dari pelat *bead roll* tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kekakuan pelat berbeda dengan pelat *dimple* dimana faktor prosesnya memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kekakuan pelat.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan proses penelitian yang dilakukan seperti pembentukan profil menggunakan proses pengerolan, pengujian, dan analisa data pada penelitian yang berjudul “Analisa Kekakuan Pada Pelat Baja Galvanil Ketebalan 0,6 mm Akibat Pembentukan Dingin Dengan Metode Bead Roll Dengan Variasi Ukuran Dan Bentuk Trapesium” dapat diperoleh kesimpulan bahwa:

1. Setelah melakukan perhitungan analisis varian *Taguchi* maka diperoleh faktor lebar profil alur yang memiliki nilai  $F_{Hitung} = 0,080 < F_{Tabel} = 10,13$ , untuk faktor kedalaman profil alur dengan nilai  $F_{Hitung} = 0,37 < F_{Tabel} = 10,13$ . Dalam kondisi menunjukkan bahwa hipotesis nol ( $H_0$ ) untuk setiap faktor penelitian gagal ditolak, hal berarti setiap faktor atau variabel proses tidak memiliki pengaruh signifikan dengan kekakuan pelat yang diproses menggunakan metode *bead roll* terhadap frekuensi alami.
2. Menurut hasil perhitungan analisis varian *Taguchi* variasi faktor proses yang optimum menurut perhitungan S/N Rasio “*Smaller is Better*” terhadap kekakuan pelat yang telah diproses menggunakan metode bead roll untuk respon frekuensi alami adalah lebar profil alur adalah 12 mm dan kedalaman profil alur 5 mm dengan hasil frekuensi sebesar 89,84 Hz. Dalam hal ini bisa diambil kesimpulan bahwa semakin besar nilai faktor lebar profil alur dan kedalaman profil alur pada pelat galvanil ketebalan 0,6 mm maka hasil kekakuan pada pelat akan optimal.
3. Berdasarkan pengujian dan analisa dari penelitian ini diperoleh hasil tingkat kekakuan yang optimal dibandingkan dengan pelat datar yang tidak melalui proses pembentukan profil pelat.

## 5.2 Saran

Berdasarkan pengujian dan analisa pada penelitian ini, adapun saran yang dapat diberikan setelah melakukan penelitian ini sebagai berikut:

1. Menambah jumlah variasi ukuran profil, ukuran pelat dan bentuk mata roll (*dies*).
2. Melakukan peningkatan pada alat pengerol (*bead roller*) agar dapat mengerol pelat dengan hasil yang lebih baik lagi.
3. Pada penelitian berikutnya diharapkan bisa menggunakan metode penelitian yang berbeda sebagai pembanding terhadap penelitian selanjutnya.



## DAFTAR PUSTAKA

- Darensyah, M., Manufaktur, P., & Bangka, N. (2023). Pengaruh Pengerolan Pelat Kondisi Dingin Terhadap Kekakuan Pelat Pada Bak Mobil Pick Up. *Jurnal Inovasi Teknologi Terapan Polman Babel*, 01(1), 1–7.
- Endriatno, N. (2020). Penentuan Frekuensi Pribadi Balok Kantilever Pada Dimensi Yang Berbeda. *Dinamika : Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 11(2), 71. <https://doi.org/10.33772/djitm.v11i2.11689>
- Fredö, C. R., & Hedlund, A. (2005). Panel embossing pattern optimization method. *SAE 2005 Noise and Vibration Conference*, 1–15.
- Gunawan, Y., Endriatno, N., & Anggara, B. H. (2017). Analisa Pengaruh Pengelasan Listrik Terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon Rendah Dan Baja Karbon Tinggi. *Enthalpy-Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*, 2(1), 1–12.
- Hidayat, R., & Wilis, G. R. (2017). Analisis Getaran pada Kompresor Mesin Pendingin dengan Variasi Putaran (RPM). *Engineering*, 15(2), 65–72.
- Hoten, H. van, Nurbaiti, M, A. K., & Silitonga, J. (2020). Perbandinga Eksperimental Dan Simulasi Frekuensi Pribadi Pada Struktur Spin\_Del CNC. *Rekayasa Mesin*, August, 497–510.
- Lovelylo, R. (2020). Analisis Model Getaran Main Engine Pada Pondasi Main Engine Kapal Tanker 6500 Ltdw. *Proceeding 3rd Conference on Marine Engineering and Its Application*, 3–6. <http://repository.ppns.ac.id/3239/>
- Mustafa. (2011). Penentuan Frekuensi Pribadi Pada Getaran Balok Komposit Dengan Penguat Fiberglass. *Jurnal Mekanikal*, 2(2), 163–168.
- Naharuddin. (2002). *Pengaruh Jenis Tumpuan Terhadap Frekuensi Pribadi Pada Getaran Balok Lentur*.
- Naibaho, W., Siahaan, S., & Naibaho, R. (2021). Analisa Perbandingan Putaran

- Mesin Untuk Kompresor Air Condition Pada Mobil Daihatsu Taruna Terhadap Karakteristik Getaran Berdasarkan Time Domain. *Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, 2(1), 25–35. <https://doi.org/10.53695/jm.v2i1.229>
- Nur Kholis, M. I., Erwanto, E., & Aswin, F. (2024). Analisa Kekakuan Pelat terhadap Pembentukan Dimple Dies dengan Variasi Diameter Lubang dan Jumlah Lubang Dimple. *Jurnal Inovasi Teknologi Terapan*, 2(1), 194–200. <https://doi.org/10.33504/jitt.v2i1.168>
- Polman Bandung. (2021). *Diagram Tegangan Regangan*. <https://elearning.polman-bandung.ac.id/course/view.php?id=46>
- Ramadhan, M. H. N. (2019). *Analisis Getaran Proses Drill Pada Mesin Bubut Emco Maximat V13 Dengan Variasi Putaran Mesin Dan Diameter Mata Drill*. 1–23.
- Rokhman, T. (2016). Analisis Getaran Pada Footrest Sepeda Motor Tipe Matic dan Non-Matic. *Jurnal Imiah Teknik Mesin*, 4(2), 31–40. <http://ejournal-unisma.net>
- Siagian, T. (2022). Analisa Getaran Dan Koefisien Korelasi Antara Getaran Pada Mesin (Engine) Dan Tempat Duduk Operator (Seat) Dengan Variasi Tingkat Kebisingan Mesin Forklift Type Fd 30 Pa Sumitomo. *Jurnal Al Ulum LPPM Universitas Al Washliyah Medan*, 10(2), 54–60. <https://doi.org/10.47662/alulum.v10i2.233>
- Soejanto, I. (2009). *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi*. Graha Ilmu.
- Sukanto, & Erwanto. (2016). Pengaruh Perlakuan Panas Pada Pembentukan Pelat Beralur Panel Kendaraan Terhadap Peningkatan Frekuensi Alamiah Diukur Pada Kondisi Batas Jepit-Jepit. *Jurnal Rotor*, 2, 1–6.
- Sukanto, Miasa, I. M., & Soekrisno, R. (2014). Pengaruh Perubahan Bentuk Bead Panel Kendaraan terhadap Frekuensi Alamiah pada Kondisi Batas Bebas-Bebas. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 7, 131–136.

- Wang, X. (2010). Vehicle noise and vibration refinement. In *Vehicle Noise and Vibration Refinement*. <https://doi.org/10.1533/9781845698041>
- Wibawa, L. A. N. (2022). Analisis Frekuensi Natural Rangka Main Landing Gear Pesawat UAV Menggunakan Ansys Workbench. *Jurnal Mesin Nusantara*, 5(1), 65–73. <https://doi.org/10.29407/jmn.v5i1.17580>
- Woodward Fab. (2017). *5 Tips & Tricks to Use a Bead Roller to Your Advantage in Sheet Metal Fabrication*. <https://www.woodwardfab.com/blog/5-tips-tricks-to-use-a-bead-roller-to-your-advantage-in-sheet-metal-fabrication-2/>
- Yulianto, S., & Aryawidura, I. (2016). Pengaruh Waktu Tahan Hot Dip Galvanized Terhadap Sifat Mekanik, Tebal Lapisan, Dan Struktur Mikro Baja Karbon Rendah. *Sintek*, 6(2), 33–44.

## Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup

### 1. Data Pribadi

Nama lengkap : Abimanyu Harsono  
Tempat & Tanggal Lahir : Toboali, 16 Agustus 2003  
Alamat Rumah : Jl. Mayor Safri Rachman  
RT/RW 001/002, Toboali,  
Bangka Selatan  
Telp : 085377087362  
Email : [abimtoalimu@gmail.com](mailto:abimtoalimu@gmail.com)



Jenis Kelamin : Laki – Laki  
Agama : Islam

### 2. Riwayat Pendidikan

SD Negeri 2 Toboali	2009-2015
SMP Negeri 3 Toboali	2015-2018
SMA Negeri 1 Toboali	2018-2021

Sungailiat, 23 Juli 2024

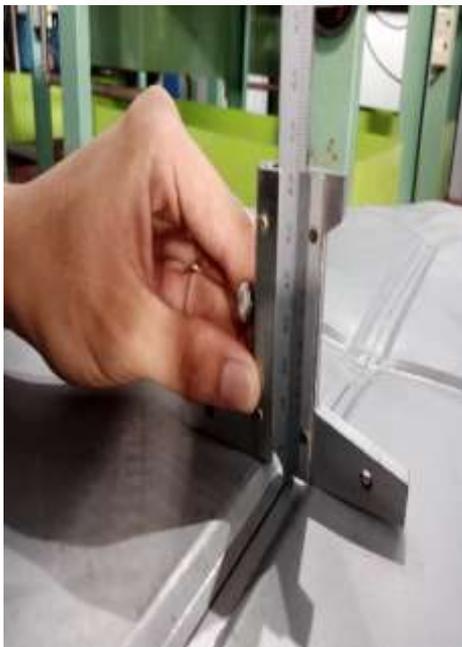
Penulis

Abimanyu Harsono

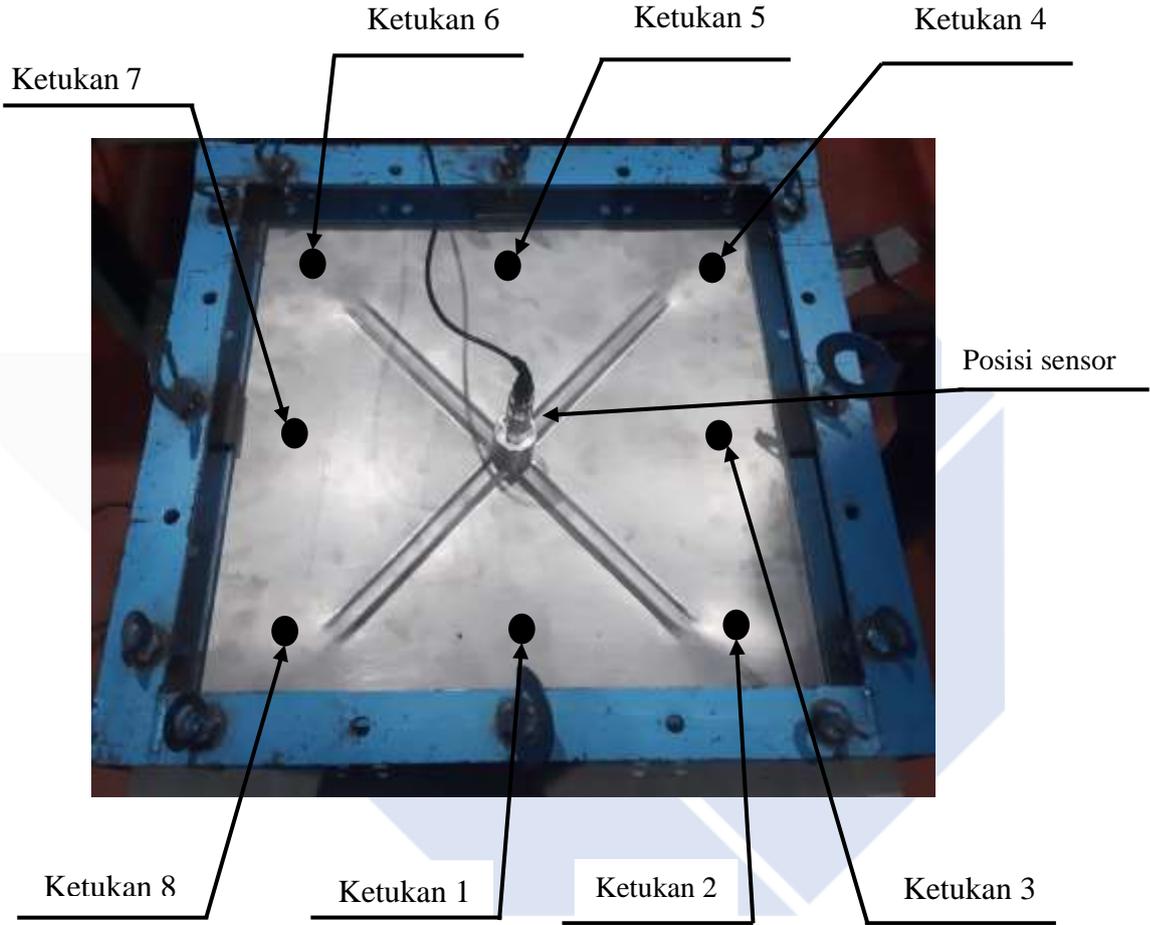
## Lampiran 2 Dokumentasi Sampel



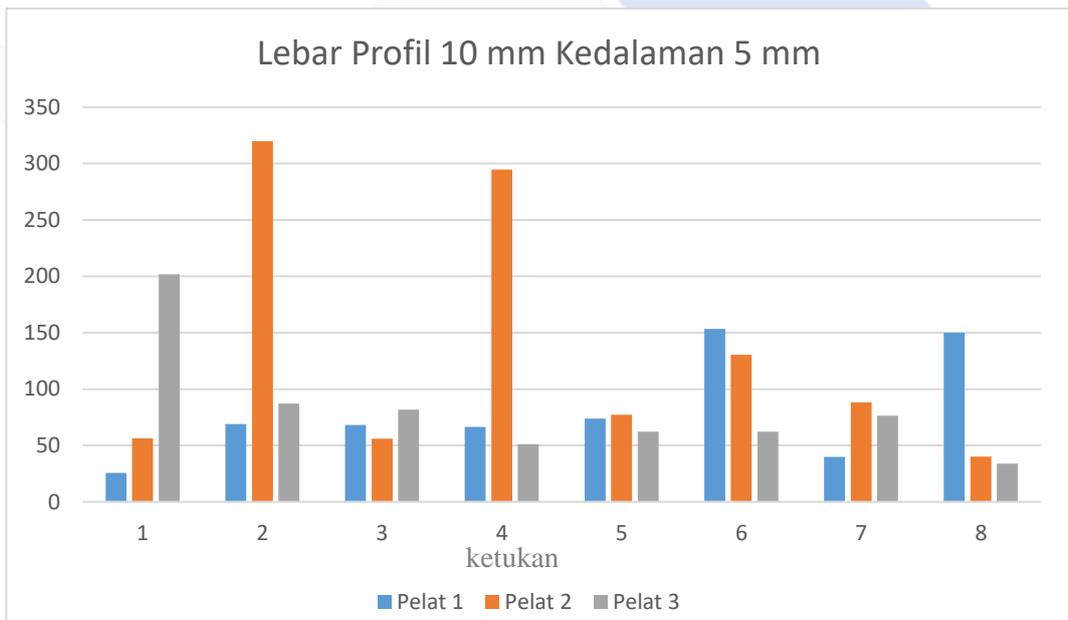
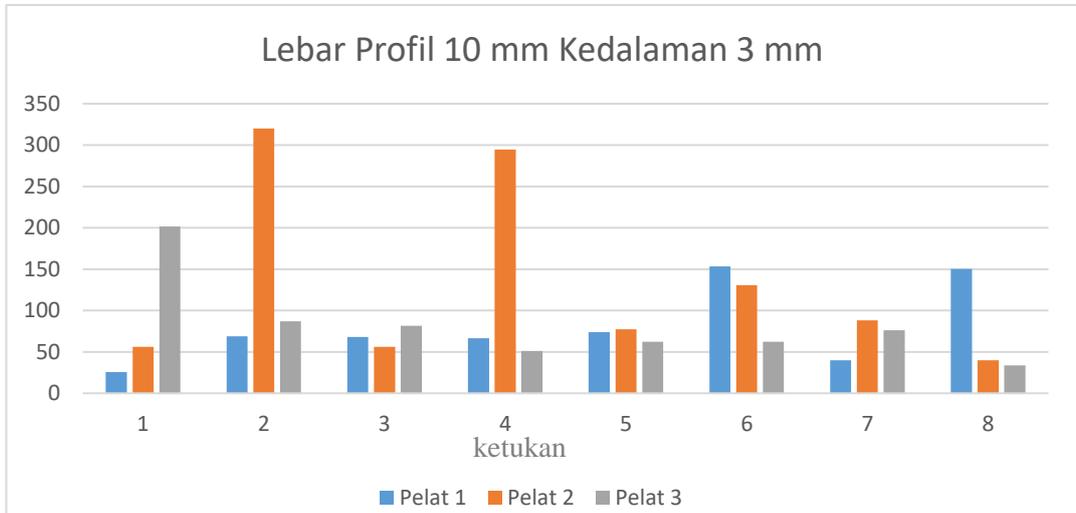
### Lampiran 3 Proses Validasi Spesimen

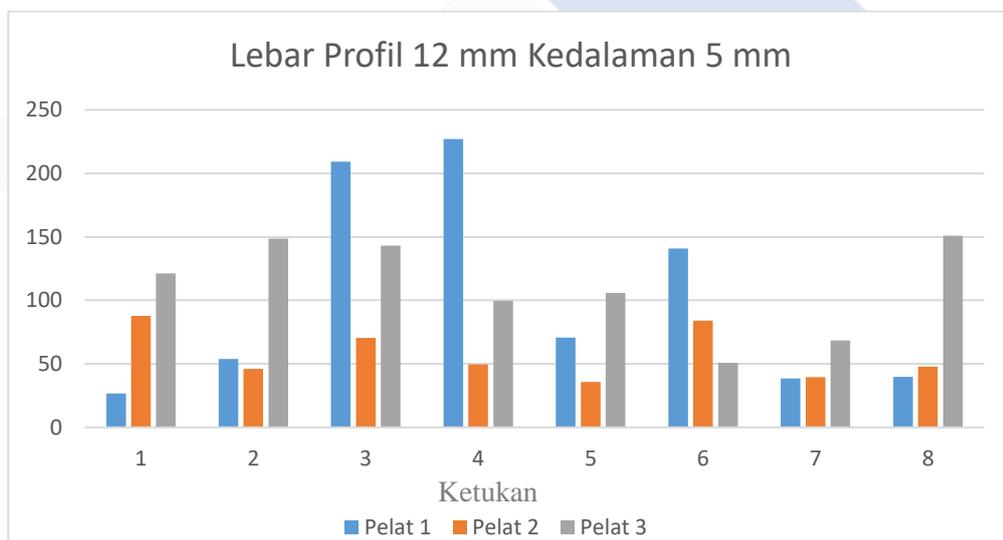
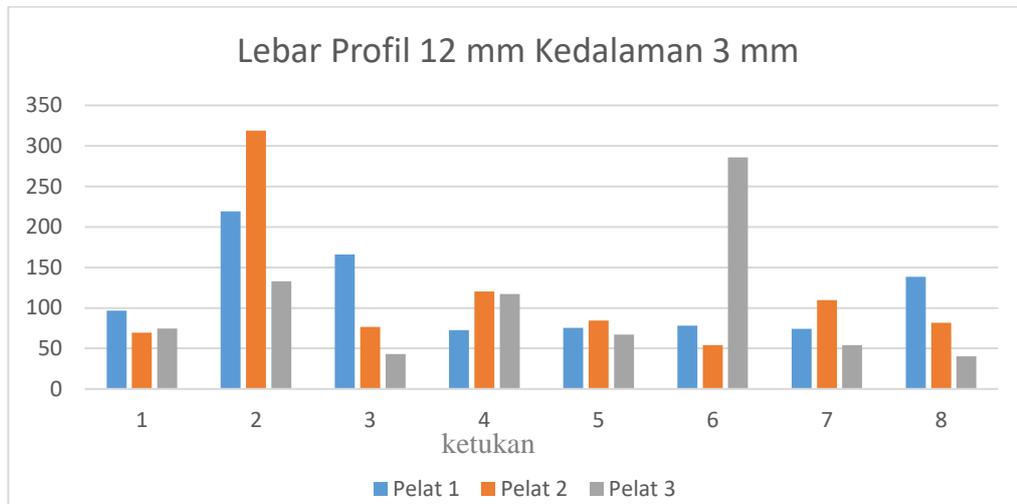


**Lampiran 4 Posisi Pengetukan Pengujian**



### Lampiran 5 Grafik Hasil Pengujian





### Lampiran 6 Data Berdasarkan Software Minitab

No Eks	Faktor		Frekuensi (Hz)			Perhitungan	
	A	B	Pelat 1	Pelat 2	Pelat 3	Mean	S/N Smaller Is Better
1	10 mm	3 mm	80,83	132,86	84,90	99,53	- 40,19
2	10 mm	5 mm	125,35	83,05	107,22	105,20	- 40,55
3	12 mm	3 mm	115,04	114,42	101,18	110,18	- 40,85
4	12 mm	5 mm	100,81	57,66	111,07	89,84	- 39,34
						Rata-rata S/N	

	S/N SM	Means (Hz)
A1	-40,37	102,37
A2	-40,09	100,01
A3	-40,52	104,86
A4	-39,94	97,53

#### Response Table for Signal to Noise Ratios

Smaller is better

Level	Lebar	
	Alur	Profil Alur
1	-40,38	-40,53
2	-40,10	-39,95
Delta	0,27	0,57
Rank	2	1

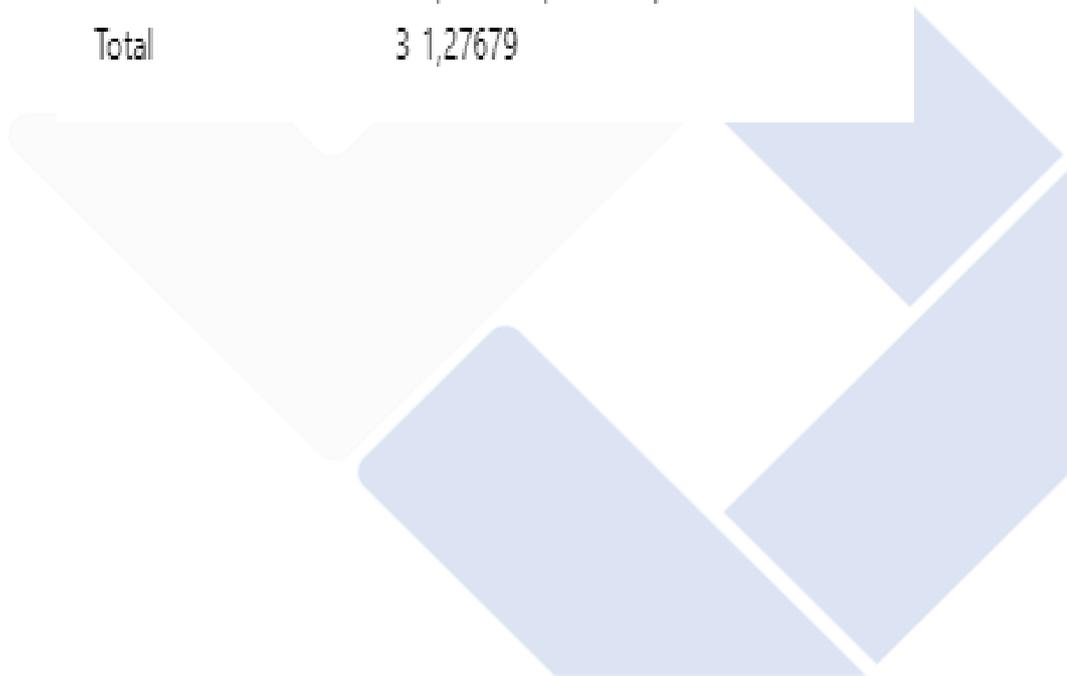
#### Response Table for Means

Level	Lebar	
	Alur	Profil Alur
1	102,37	104,86
2	100,01	97,53
Delta	2,36	7,33
Rank	2	1

## Lampiran 7 Hasil Validasi Analisis Varian Berdasarkan Software Minitab

### Analysis of Variance for SN ratios

<u>Source</u>	<u>DF</u>	<u>Seq SS</u>	<u>Adj SS</u>	<u>Adj MS</u>	<u>F</u>	<u>P</u>
Lebar Profil Alur	1	0,07518	0,07518	0,07518	0,09	0,818
Kedalaman Profil Alur	1	0,32943	0,32943	0,32943	0,38	0,649
Residual Error	1	0,87218	0,87218	0,87218		
Total	3	1,27679				



### Lampiran 8 F – Tabel

**Titik Persentase Distribusi F untuk Probabilita = 0,05**

df untuk penyebut (N2)	df untuk pembilang (N1)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	161	199	216	225	230	234	237	239	241	242	243	244	245	245	246
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.40	19.41	19.42	19.42	19.43
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.76	8.74	8.73	8.71	8.70
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.94	5.91	5.89	5.87	5.86
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.70	4.68	4.66	4.64	4.62
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.03	4.00	3.98	3.96	3.94
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.60	3.57	3.55	3.53	3.51
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.31	3.28	3.26	3.24	3.22
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.10	3.07	3.05	3.03	3.01
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.94	2.91	2.89	2.86	2.85
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.82	2.79	2.76	2.74	2.72
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.72	2.69	2.66	2.64	2.62
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.63	2.60	2.58	2.55	2.53
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.57	2.53	2.51	2.48	2.46
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.51	2.48	2.45	2.42	2.40
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.46	2.42	2.40	2.37	2.35
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.41	2.38	2.35	2.33	2.31
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.37	2.34	2.31	2.29	2.27
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.34	2.31	2.28	2.26	2.23
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.31	2.28	2.25	2.22	2.20
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.28	2.25	2.22	2.20	2.18
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.26	2.23	2.20	2.17	2.15
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.24	2.20	2.18	2.15	2.13
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.22	2.18	2.15	2.13	2.11
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.20	2.16	2.14	2.11	2.09
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.18	2.15	2.12	2.09	2.07
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.17	2.13	2.10	2.08	2.06
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.15	2.12	2.09	2.06	2.04
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.14	2.10	2.08	2.05	2.03
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.13	2.09	2.06	2.04	2.01
31	4.16	3.30	2.91	2.68	2.52	2.41	2.32	2.25	2.20	2.15	2.11	2.08	2.05	2.03	2.00
32	4.15	3.29	2.90	2.67	2.51	2.40	2.31	2.24	2.19	2.14	2.10	2.07	2.04	2.01	1.99
33	4.14	3.28	2.89	2.66	2.50	2.39	2.30	2.23	2.18	2.13	2.09	2.06	2.03	2.00	1.98
34	4.13	3.28	2.88	2.65	2.49	2.38	2.29	2.23	2.17	2.12	2.08	2.05	2.02	1.99	1.97
35	4.12	3.27	2.87	2.64	2.49	2.37	2.29	2.22	2.16	2.11	2.07	2.04	2.01	1.99	1.96
36	4.11	3.26	2.87	2.63	2.48	2.36	2.28	2.21	2.15	2.11	2.07	2.03	2.00	1.98	1.95
37	4.11	3.25	2.86	2.63	2.47	2.36	2.27	2.20	2.14	2.10	2.06	2.02	2.00	1.97	1.95
38	4.10	3.24	2.85	2.62	2.46	2.35	2.26	2.19	2.14	2.09	2.05	2.02	1.99	1.96	1.94
39	4.09	3.24	2.85	2.61	2.46	2.34	2.26	2.19	2.13	2.08	2.04	2.01	1.98	1.95	1.93
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.04	2.00	1.97	1.95	1.92
41	4.08	3.23	2.83	2.60	2.44	2.33	2.24	2.17	2.12	2.07	2.03	2.00	1.97	1.94	1.92
42	4.07	3.22	2.83	2.59	2.44	2.32	2.24	2.17	2.11	2.06	2.03	1.99	1.96	1.94	1.91
43	4.07	3.21	2.82	2.59	2.43	2.32	2.23	2.16	2.11	2.06	2.02	1.99	1.96	1.93	1.91
44	4.06	3.21	2.82	2.58	2.43	2.31	2.23	2.16	2.10	2.05	2.01	1.98	1.95	1.92	1.90
45	4.06	3.20	2.81	2.58	2.42	2.31	2.22	2.15	2.10	2.05	2.01	1.97	1.94	1.92	1.89