

**INVESTIGASI KEKAKUAN PADA PELAT BAJA LUNAK
DENGAN PEMBENTUKAN METODE
“*DIMPLE DIES TRIANGLE PROFILE*”**

PROYEK AKHIR

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Sarjana Terapan/Diploma III Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Disusun Oleh :

RISKY ARISANDI NIM : 1042225

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG
TAHUN 2024/2025**

LEMBAR PENGESAHAN

INVESTIGASI KEKAKUAN PADA PELAT BAJA LUNAK DENGAN PEMBENTUKAN METODE “*DIMPLE DIES TRIANGLE PROFILE*”

Oleh:

RISKY ARISANDI/1042225

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

Menyetujui,

Pembimbing 1



Erwanto, S.S.T., M.T.

Pembimbing 2



Harwadi, S.S.T., M.Ed.

Penguji 1



Muhammad Subhan, S.S.T., M.T.

Penguji 2



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

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa : RISKY ARISANDI NIM : 1042225

Dengan Judul : INVESTIGASI KEKAKUAN PADA PELAT BAJA
LUNAK DENGAN PEMBENTUKAN METODE
“*DIMPLE DIES TRIANGLE PROFILE*”

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, 01 Juli 2025

Nama Mahasiswa

Tanda Tangan

1. Risky Arisandi



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: kekakuan pelat, dimple dies, frekuensi natural, Taguchi, Vibroport 80

ABSTRACT

This study aims to analyse 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 a crucial factor in reducing vibrations, particularly in vehicle components. In this research, galvaneal plates with a thickness of 0.6 mm were used, with dimple diameters of 25 mm and 30 mm, and hole quantities of 16 and 20. The testing process was carried out using a Vibroport 80 device to measure the natural frequency as an indicator of plate stiffness. The Taguchi method with an L4 orthogonal array design was employed to plan the experiments and analyse the influence of each parameter. The results showed that the number of dimple holes significantly affected the natural frequency of the plate, while the dimple diameter had an insignificant effect. The optimal combination that produced the highest stiffness was achieved with a 25 mm dimple diameter and 16 holes. ANOVA and S/N ratio analysis supported these findings, showing that the number of holes contributed over 90% to the variation. This research is expected to serve as a reference in the development of stiffer and more vibration-resistant metal plate designs, especially for automotive and other engineering structure applications.

Keywords: plate stiffness, dimple dies, natural frequency, Taguchi, Vibroport 80.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul “INVESTIGASI KEKAKUAN PADA PELAT BAJA LUNAK DENGAN PEMBENTUKAN METODE *DIMPLE DIES TRIANGLE PROFILE*”. Penyusunan laporan ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan jenjang pendidikan Sarjana Terapan pada Program Studi Teknik Mesin dan Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung (POLMAN BABEL).

Penulis menyadari bahwa penyusunan laporan ini tidak akan dapat terselesaikan dengan baik tanpa adanya dukungan, bantuan, serta arahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kepada kedua orang tua saya, Ayah Syahrizan Mala dan Ibu Juraidah, yang senantiasa memberikan dukungan, nasihat berharga, serta doa yang tiada henti dalam membantu penulis menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Erwanto, S.S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing pertama yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberikan motivasi, arahan, saran, serta bimbingan yang sangat berarti dalam proses penyusunan dan pelaksanaan Proyek Akhir ini.
3. Bapak Harwadi, S.S.T., M.Ed. selaku Dosen Pembimbing kedua yang dengan penuh perhatian telah memberikan semangat, arahan, serta kontribusi pemikiran yang sangat membantu dalam penyusunan dan pelaksanaan Proyek Akhir ini.
4. Bapak I Made Andika Setiawan, M.Eng., Ph.D. selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang telah memberikan dukungan dan kesempatan dalam pelaksanaan kegiatan akademik di lingkungan kampus.
5. Bapak Dr. Ilham Ary Wahyudie, S.S.T., M.T. selaku Kepala Jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang telah

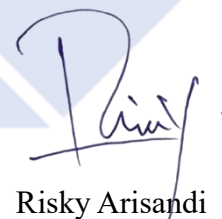
memberikan dukungan serta arahan dalam pelaksanaan kegiatan akademik dan penyusunan Tugas Akhir ini.

6. Bapak Boy Rollastin, S.Tr., M.T. selaku Kepala Program Studi Diploma 4 Teknik Mesin yang telah memberikan dukungan, pengarahan, serta fasilitas dalam kelancaran proses penyusunan Tugas Akhir ini.
7. Seluruh Dosen Teknik Mesin dan Manufaktur yang telah membagikan ilmu, wawasan, dan pengalaman berharga selama masa perkuliahan di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
8. Seluruh rekan dan sahabat yang tak dapat disebutkan satu per satu, yang telah memberikan semangat, dukungan, dan kebersamaan selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.

Penulis telah berupaya semaksimal mungkin dalam menyusun Laporan Tugas Akhir ini. Namun, penulis menyadari bahwa laporan ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, segala bentuk saran dan kritik yang bersifat membangun sangat diharapkan demi perbaikan dan manfaat di masa yang akan datang bagi kita semua.

Sungaliat, 01 Juli 2025

Penulis



Risky Arisandi

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II DASAR TEORI	4
2.1 Kekakuan Pelat	4
2.2 <i>Dimple Dies</i>	4
2.3 Pelat Galvanil	4
2.4 Frekuensi Alami/Natural	6
2.5 Getaran	7
2.6 Metode <i>Taguchi</i>	7
2.6.1 Matrik <i>Orthogonal</i>	8
2.6.2 Rasio S/N (<i>Signal to Noise</i>)	9
2.6.3 ANOVA (<i>Analysis of Variance</i>)	11
2.7 Penelitian Terdahulu	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 Diagram Alir	15
3.1.1 Studi Literatur	16

3.1.2	Penyusun Rancangan Eksperimen Dalam Penelitian.....	17
3.1.3	Persiapan Alat dan Bahan.....	17
3.1.4	<i>Design of Experiment</i> (DOE).....	20
3.1.5	Penentuan Faktor dan Level Penelitian.....	20
3.1.6	Pembuatan Spesimen	22
3.1.7	Evaluasi Respons Frekuensi Dan Dokumentasi Hasil Pengujian .	22
3.1.8	Analisis Data Pengujian Spesimen Dan Kesimpulan.....	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		29
4.1	Data Hasil Eksperimen.....	29
4.2	<i>Analisis Of Variance Taguchi</i>	29
4.2.1	Perhitungan Langsung Rata – Rata Respon	29
4.2.2	<i>Analisis Of Variance</i> (ANOVA) Dan Persentase Kontribusi Rata-Rata 31	
4.2.3	Perhitungan Rasio S/N	36
4.2.4	Perhitungan Rasio S/N Terhadap Frekuensi Natural.....	37
4.2.5	<i>Analisis Of Variance</i> (ANOVA) Dan Persentase Kontribusi Rasio S/N 39	
4.3	Data Penelitian Sebelumnya	43
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		45
5.1	Kesimpulan	45
5.2	Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA		47

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2. 1 Spesifikasi Pelat Galvanil (Produk, 2023)	5
2. 2 Perbandingan Penelitian Sebelumnya	14
3. 1 Nilai Parameter Dan Level Penelitian	21
3. 2 Tabel Parameter Tetap	21
3. 3 Total Derajat Kebebasan	21
3. 4 Desain <i>Taguchi Orthogonal Array L4</i>	21
3. 5 Desain Faktorial Penelitian	21
3. 6 Setup <i>vibroport 80</i>	23
3. 7 Tabel Kalibrasi <i>Vibroport 80</i>	24
3. 8 Data Pengujian Spesimen Dengan Diameter <i>Dimple 25 mm</i> Dan Jumlah Lubang <i>Dimple 16 Buah</i>	25
3. 9 Data Pengujian Spesimen Dengan Diameter <i>Dimple 30 mm</i> Dan Jumlah Lubang <i>Dimple 16 Buah</i>	25
3. 10 Data Pengujian Spesimen Dengan Diameter <i>Dimple 25 mm</i> Dan Jumlah Lubang <i>Dimple 20 Buah</i>	26
3. 11 Data Pengujian Spesimen Dengan Diameter <i>Dimple 30 mm</i> Dan Jumlah Lubang <i>Dimple 20 Buah</i>	26
3. 12 Rata – Rata Data Pengujian Pada Setiap Spesimen	27
4. 1 Hasil Pengujian Frekuensi Alami	29
4. 2 Nilai Rata-Rata Dari Hasil Frekuensi Natural	30
4. 3 Kombinasi Tingkat Faktor Pada Level Optimum	31
4. 4 Analisis Of Variance (Anova) Rata-Rata Pada Frekuensi Natural	34
4. 5 Persentase Kontribusi Rata-Rata Pada Frekuensi Alami	34
4. 6 Pernyataan Hipotesis Nol H_0 Untuk Masing-Masing Variabel	35
4. 7 Tabel Rasio S/N Pada Frekuensi Natural	36
4. 8 Nilai Rasio S/N Terhadap Frekuensi Natural	38
4. 9 Kombinasi Tingkat Faktor Pada Level Optimum Pada Rasio S/N	38

4. 10 Analisis of Variance (ANOVA) Rasio S/N Pada Frekuensi Natural	41
4. 11 Persentase Kontribusi Rasio S/N Pada Frekuensi Alami	42
4. 12 Pernyataan Hipotesis No H_0 Untuk Masing-Masing Variabel	43
4. 13 Data Penelitian Sebelumnya	44



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2. 1 Notasi Matrik <i>Orthogonal</i>	9
3. 1 Pelat Galvanil.....	18
3. 2 Cetakan <i>Dimple</i>	18
3. 3 Alat Uji <i>Vibroport 80</i>	19
3. 4 Meja Uji Jepit.....	20
3. 5 Proses Pembuatan Spesimen.....	22
3. 6 Pengujian.....	24
4. 1 Grafik Respon Rata-Rata Variabel Pada Hasil Frekuensi Natural (<i>Source: Software Minitab</i>).....	31
4. 2 Grafik Respon Rsio S/N Variabel Pada Hasil Frekuensi Natural (<i>Source: Software Minitab</i>).....	38

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Daftar Riwayat Hidup

Lampiran 2: Dokumentasi Sampel

Lampiran 3: Posisi Pengetukan Data Sampel

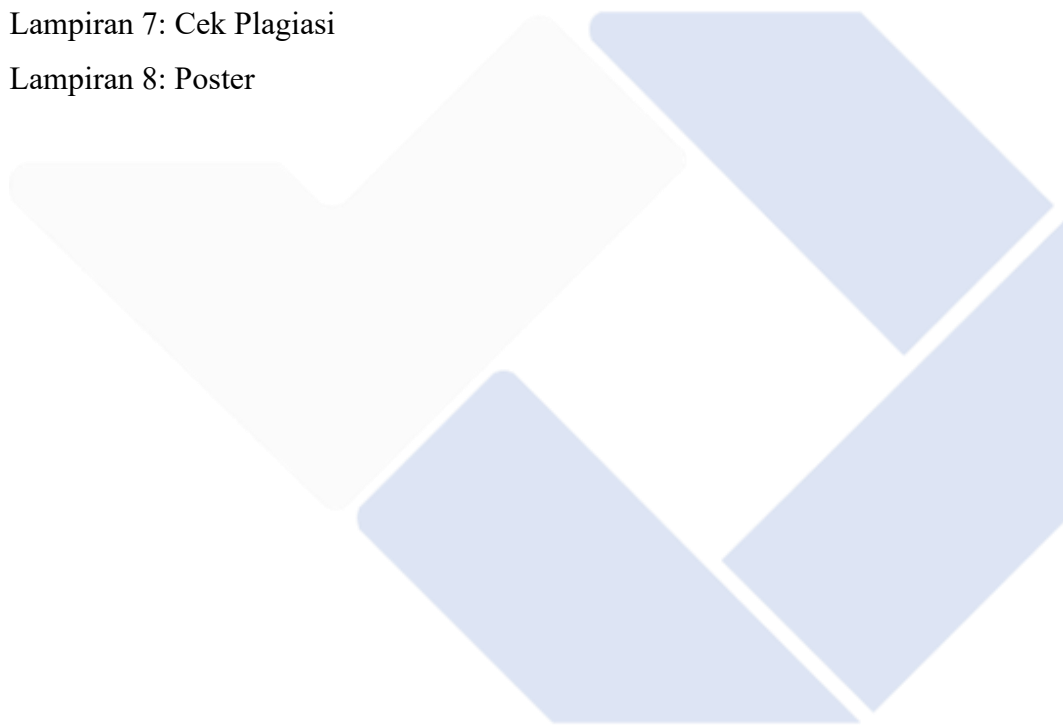
Lampiran 4: Hasil *Response* Berdasarkan *Software Minitab*

Lampiran 5: Hasil Validasi ANOVA Berdasarkan *Software Minitab*

Lampiran 6: F-Tabel

Lampiran 7: Cek Plagiasi

Lampiran 8: Poster



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

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 (Yuspian Gunanwan, 2017). Baja jenis ini umumnya digunakan sebagai bahan pembuatan *body* kendaraan karena memiliki keuletan dan kekuatan yang sesuai tergantung pada tujuan kendaraan (Abimanyu Harsono A. I., 2024). Pilihan untuk mengurangi getaran berlebihan pada pelat adalah membuatnya lebih kaku. Bentuk dari material, modul elastis, serta dimensi mempengaruhi kekakuan panel (Febian M Fadillah, 2024).

Getaran dapat diartikan sebagai gerakan yang berulang dalam periode waktu tertentu, yang muncul akibat osilasi suatu benda dan gaya yang terkait dengannya. Setiap benda dan struktur rekayasa memiliki kemampuan untuk bergetar hingga tingkat tertentu, tergantung pada massa dan elastisitasnya. Oleh karena itu, mesin penggerak, baik motor listrik maupun motor bakar, pasti mengalami getaran (Abimanyu Harsono E. &, 2024). 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 (Endriatno, 2020). Dengan demikian, penting untuk mendeteksi getaran dan berupaya meminimalkan dampaknya, sehingga kenyamanan dapat tercapai dan potensi kerusakan dapat dikurangi atau dihilangkan (Lubis, 2021). Hal ini juga berlaku saat kita mengendarai kendaraan, di mana getaran dapat menyebabkan ketidaknyamanan dan cepat menimbulkan rasa lelah, terutama pada perjalanan jauh dalam waktu yang lama (Rokhman, 2016). Untuk mengurangi getaran yang berlebihan, salah satu solusinya adalah meningkatkan kekakuan panel. Pembuatan alur pada panel dapat meningkatkan frekuensi pelat hingga 9,3 kali lipat dibandingkan dengan pelat datar (Sukanto, 2016). Getaran biasanya disebabkan oleh sumber mekanis, seperti permukaan jalan yang tidak rata, serta gaya dari mesin

dan struktur kendaraan (Edwira Nurazizi Aulia, 2023). 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 (Marcel Darensyah, 2023). Frekuensi, yang diukur sebagai jumlah periode getaran dalam satu waktu, dapat mengidentifikasi jenis gangguan yang muncul. Gangguan pada mesin sering kali menciptakan frekuensi yang jelas, memberikan pola frekuensi yang bisa dijadikan bahan pengamatan (Royan Hidayat, 2017).

Penelitian ini memfokuskan pada penerapan pembentukan pelat dengan metode *dimple dies*. Jadi, apa sebenarnya *dimple dies* itu? *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. Metode ini umumnya diterapkan dalam industri otomotif, terutama dalam pembuatan sasis kendaraan, *roll cage*, panel *body* kendaraan, serta berbagai proses pengerjaan logam lainnya (M. Irfan Nur Kholis, 2024). Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa variasi jumlah dan diameter lubang *dimple* berpengaruh terhadap kekakuan pelat berdasarkan dari respon frekuensi alaminya. Oleh sebab itu penelitian ini dapat difokuskan pada pengembangan bentuk *dimple* atau kombinasi material untuk meningkatkan efektivitas redaman getaran dan kekakuan pelat supaya mendapatkan hasil yang lebih optimal.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang ada sesuai dari latar belakang diatas adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana nilai kekakuan terhadap pelat baja lunak yang dibentuk dengan metode pembentukan “*dimple dies triangle profile*” ?
2. Bagaimana pengaruh variasi pembentukan *dimple dies* terhadap frekuensi natural pelat baja lunak berdasarkan analisis *taguchi* ?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan permasalahan dari latar belakang yang diangkat pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Material pelat yang digunakan galvanil dengan ketebalan 0,6 mm
2. Jumlah spesimen yang dibuat berjumlah 12
3. Ukuran/dimensi dari *dimple* yang dibuat adalah 25 mm dan 30 mm
4. Variasi jumlah lubang yang akan dibuat berjumlah 16 dan 20
5. Penggunaan *vibroport 80* sebagai uji frekuensi alami

1.4 Tujuan Penelitian

1. Untuk menginvestigasi kekakuan terhadap pelat baja lunak akibat dari pembentukan dengan metode “*dimple dies triangle profile*”
2. Untuk mengetahui pengaruh pembentukan *dimple dies* terhadap frekuensi natural pelat baja lunak berdasarkan analisis *taguchi*.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Mengetahui dampak variasi jumlah lubang dan ukuran diameter lubang pada pembentukan *dimple dies* terhadap frekuensi alaminya
2. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam menambah pengetahuan mengenai penggunaan pelat untuk pembentukan *body* atau panel kendaraan, sekaligus menjadi dasar referensi bagi pengembangan penelitian selanjutnya.

BAB II DASAR TEORI

2.1 Kekakuan Pelat

Upaya untuk mengurangi getaran berlebih pada panel dapat dilakukan dengan meningkatkan kekakuannya. Faktor-faktor seperti dimensi, modulus elastisitas, dan bentuk geometris material sangat memengaruhi tingkat kekakuan panel. Mengingat kompleksitas variabel yang terlibat dalam penelitian hubungan antara kekakuan panel dan getaran, pendekatan melalui simulasi model dianggap lebih efisien dan ekonomis. (Sukanto, 2016)

2.2 *Dimple Dies*

Pelat *dimple* adalah lembaran logam yang telah dibentuk melalui proses menggunakan alat *dimple dies*, yang menghasilkan cekungan (*dimple*) pada permukaannya. *Dimple dies* terdiri dari dua bagian, yaitu *die* jantan dengan ujung membulat dan *die* betina yang memiliki lekukan sesuai bentuk *dimple* yang diinginkan. Proses pembentukan pelat *dimple* dilakukan dengan menekan pelat menggunakan alat ini, sehingga terbentuk cekungan permanen pada material. Pelat jenis ini banyak diaplikasikan dalam industri otomotif, penerbangan, serta berbagai bidang lainnya, karena *dimple* memberikan manfaat struktural maupun estetika pada panel logam. Selain itu, *dimple* juga mempermudah proses perakitan seperti pemasangan sekrup atau rivet. Ukuran, bentuk, dan kedalaman *dimple* dapat disesuaikan dengan desain dan fungsi yang diinginkan, melalui pemilihan jenis *dimple dies* yang tepat. Beragam jenis material pelat juga dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan aplikasi tertentu (Fab, 2022)

2.3 Pelat Galvanil

Pelat galvanil merupakan baja lembaran berbahan dasar baja karbon rendah yang dilapisi seng melalui proses galvanisasi. Setelah itu, pelat ini menjalani proses pemanasan (*annealing*) untuk memicu reaksi antara seng dan permukaan baja, sehingga terbentuk lapisan paduan seng dan besi. Lapisan ini memberikan ketahanan terhadap korosi yang baik serta menghasilkan permukaan yang lebih

mudah untuk dilakukan pengecatan dibandingkan dengan pelat galvanis konvensional. Galvanis dibuat dari baja karbon rendah, seperti jenis ST.37, yang telah dilapisi dengan lapisan pelindung khusus. Baja ST.37 sendiri mengandung karbon dalam kisaran 0,468% hingga 0,574%. Rincian spesifikasi pelat Galvanis disajikan pada tabel berikut ini :

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

Jenis logam dasar didasarkan pada standar yang berlaku, seperti Standar Industri Indonesia (SII), JIS G 3141, ASTM, British Standard, Australian Standard, atau standar internasional lainnya. Cold rolled steel dalam bentuk coil yang digunakan terdiri dari dua tipe, yaitu tipe lunak (soft/annealed) dan tipe 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/M ² sampai dengan 180 gram/M ² .
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).
-

2.4 Frekuensi Alami/Natural

Frekuensi natural, atau yang juga dikenal sebagai frekuensi eigen, adalah frekuensi osilasi alami yang dimiliki oleh suatu sistem ketika sistem tersebut bergetar tanpa adanya gaya luar atau redaman. Gerakan sistem yang terjadi pada frekuensi ini disebut mode normal, di mana seluruh bagian sistem berosilasi secara sinusoidal dengan frekuensi yang sama. Jika sistem diberi gaya luar yang bekerja pada frekuensi tertentu hingga menghasilkan *amplitudo* getaran maksimum yang mendekati frekuensi alami sistem, kondisi ini disebut sebagai frekuensi resonansi.

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. Faktor utama yang memengaruhi frekuensi natural adalah massa dan kekakuan struktur. Untuk menurunkan nilai frekuensi natural, dapat dilakukan dengan mengurangi massa atau meningkatkan kekakuan struktur secara keseluruhan. (Wibawa, 2022)

Frekuensi alami perlu diperhitungkan untuk menghindari terjadinya resonansi. Resonansi terjadi karena frekuensi natural struktur atau komponen sama dengan frekuensi natural peralatan. Resonansi dapat mengakibatkan kegagalan suatu struktur. Faktor yang mempengaruhi frekuensi natural yaitu massa dan kekakuan (*stiffness*) struktur. Secara sederhana, untuk memperkecil frekuensi natural dapat dilakukan dengan meminimalkan massa atau memperkuat kekakuan struktur tersebut. Dalam frekuensi alamiah terdapat persamaan yang dirumuskan sebagai berikut :

$$fn = \sqrt{\frac{K}{M}} \quad (2.1)$$

Dengan :

fn = Frekuensi Natural (Hertz)

K = Konstanta (N/m)

M = Massa (Kg)

2.5 Getaran

Getaran merupakan gerakan berulang maju dan mundur di sekitar titik keseimbangan. Titik keseimbangan yang dimaksud adalah kondisi di mana suatu benda akan tetap diam apabila tidak ada gaya yang bekerja padanya. (Ahmad, 2018) Getaran muncul akibat perbedaan tekanan dan frekuensi yang menyebabkan gerakan tertentu. Dalam dunia otomotif, berbagai jenis getaran sering terjadi pada mesin kendaraan, baik pada mesin berkapasitas besar, sedang, maupun kecil. Getaran mesin sendiri merupakan gerakan maju-mundur dari mesin yang sedang beroperasi atau dari salah satu komponennya. Oleh karena itu, setiap bagian mesin yang bergerak secara osilatif atau bolak-balik dikategorikan sebagai mengalami getaran (W Naibaho, 2021)

2.6 Metode Taguchi

Metode *Taguchi* merupakan pendekatan dalam peningkatan kualitas yang menitikberatkan pada perbaikan desain produk dan proses. Tujuan utama metode ini adalah untuk menghasilkan produk yang tahan terhadap pengaruh variabel gangguan (*noise*), sehingga dikenal juga sebagai *robust design*. Metode ini diterapkan dalam rekayasa dan perbaikan kualitas melalui rancangan percobaan (*design of experiments*) guna mengidentifikasi faktor-faktor utama yang paling signifikan memengaruhi karakteristik kualitas suatu proses. Dengan pendekatan ini, dapat diperoleh kombinasi optimal antara elemen produk dan proses, yang menghasilkan tingkat konsistensi tinggi demi pencapaian mutu terbaik (Ekawati, 2020)

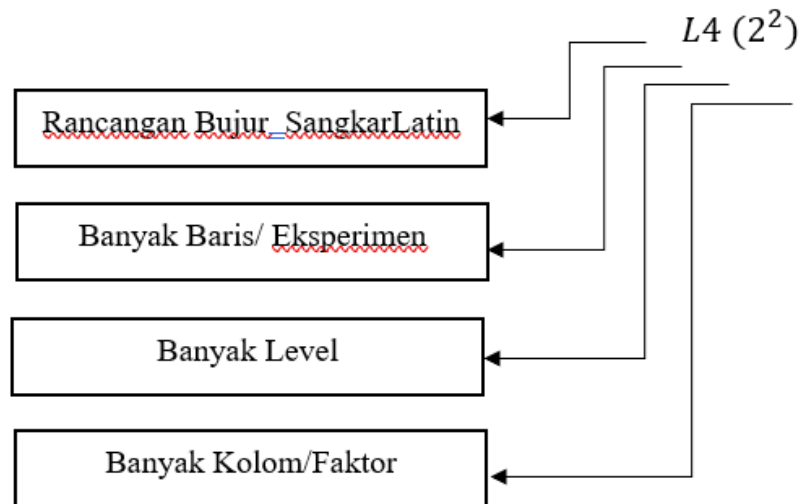
Keunggulan menggunakan metode *Taguchi*:

1. *Robust* terhadap *noise* – menghasilkan desain yang tahan terhadap gangguan eksternal.
2. Efisien – mengurangi jumlah eksperimen melalui *Orthogonal Array*.
3. Identifikasi faktor dominan – menentukan variabel yang paling berpengaruh.
4. Optimasi parameter – menemukan kombinasi terbaik untuk kualitas maksimal.
5. Fokus pada konsistensi – meminimalkan variasi hasil, bukan hanya rata-rata.
6. Aplikasi luas – cocok digunakan di berbagai industri teknik dan manufaktur.

2.6.1 Matrik *Orthogonal*

Matriks *Orthogonal* merupakan susunan elemen dalam bentuk baris dan kolom, di mana setiap kolom merepresentasikan faktor-faktor yang bervariasi dalam suatu percobaan. Baris-baris dalam matriks ini menunjukkan kombinasi variasi dari setiap faktor yang diteliti. Disebut *orthogonal* karena setiap tingkat (level) dari suatu faktor memiliki nilai penyeimbang yang memastikan pengaruhnya terpisah dari faktor lainnya, sehingga memungkinkan analisis yang objektif dan tidak saling memengaruhi antar faktor. (Soejanto, 2009)

Matriks *Orthogonal* merupakan susunan variabel dan level yang dirancang secara seimbang, sehingga masing-masing variabel dan level bersifat independen dan tidak saling memengaruhi atau dapat diubah sembarangan. Gambar 2.4 berikut memperlihatkan notasi dari Matriks *Orthogonal*.



Gambar 2. 1 Notasi Matrik *Orthogonal*

Berikut ini merupakan penjelasan mengenai notasi dalam Matriks *Orthogonal*:

1. Notasi L menunjukkan informasi terkait *Latin Square* yang digunakan dalam rancangan percobaan.
2. Jumlah baris menggambarkan banyaknya kombinasi percobaan yang dilakukan dalam Matrik *Orthogonal*.
3. Jumlah level mengacu pada total tingkatan dari setiap faktor yang digunakan dalam penelitian. Pemilihan jenis Matrik *Orthogonal* didasarkan pada jumlah derajat bebas total, yang dihitung dari:
 - Banyaknya faktor utama dan interaksinya,
 - Jumlah level dari masing-masing faktor,
 - Target atau hasil yang ingin dicapai dari penelitian.
4. Jumlah kolom merepresentasikan banyaknya faktor yang dianalisis dalam Matrik *Orthogonal*.

2.6.2 Rasio S/N (*Signal to Noise*)

Metode *Taguchi* memperkenalkan konsep rasio *Signal to Noise* (S/N) untuk mengoptimalkan eksperimen yang melibatkan banyak faktor, yang dikenal sebagai eksperimen faktor ganda. Rasio S/N dirancang sedemikian rupa agar peneliti dapat menentukan kombinasi level faktor yang paling tepat untuk meningkatkan kualitas hasil. Penggunaan rasio S/N ini disesuaikan dengan jenis karakteristik kualitas yang

dituju, apakah diinginkan nilainya sekecil mungkin, sebesar mungkin, atau mendekati nilai target tertentu. (Soejanto, 2009)

Dalam metode *taguchi*, terdapat tiga tipe karakteristik kualitas utama, yaitu sebagai berikut

- *Small Is Better*

Small is better merupakan jenis karakteristik kualitas di mana nilai output yang lebih rendah menunjukkan hasil yang lebih ideal atau diinginkan. Pendekatan ini umumnya digunakan dalam analisis terhadap jumlah cacat atau kesalahan pada produk. Untuk mengevaluasinya, dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$S/N = -10\text{Log} [\sum_i^n yi^2] \quad (2.2)$$

Dengan :

n = Jumlah pengulangan dari suatu percobaan

yi = Data pengamatan ke-i

- *Larger Is Better*

Analisis ini merupakan kebalikan dari karakteristik *Smaller is Better*. Jika dalam *Smaller is Better* kualitas dianggap optimal ketika nilai hasilnya rendah, maka dalam *Larger is Better* justru sebaliknya, semakin tinggi nilai hasil, semakin baik kualitasnya. Jenis analisis ini sering digunakan ketika output yang lebih besar diharapkan, seperti kekuatan, efisiensi, atau hasil produksi. Perhitungan untuk karakteristik ini dapat dilakukan menggunakan rumus berikut:

$$S/N = -10\text{Log} [\sum_i^n \frac{yi^2}{n}] \quad (2.3)$$

Dengan :

n = Jumlah pengulangan dari suatu percobaan

yi = Data pengamatan ke-i

- *Nominal Is Better*

Metode analisis ini digunakan ketika tujuan utamanya adalah mencapai nilai target yang telah ditentukan. Berbeda dengan analisis sebelumnya, dalam pendekatan ini tidak ada kecenderungan bahwa nilai

yang lebih besar atau lebih kecil lebih baik yang paling ideal adalah nilai yang mendekati target. Untuk melakukan analisis ini, dapat digunakan rumus berikut:

$$S/N = -10\text{Log}\left[\frac{\mu^2}{\sigma}\right] \quad (2.4)$$

Dengan :

μ = Mean (rata-rata)

σ = *Deviasi*

2.6.3 ANOVA (*Analysis of Variance*)

Analisis varian (ANOVA) merupakan metode statistik yang digunakan untuk mengukur secara kuantitatif kontribusi relatif dari masing-masing faktor kontrol terhadap variabel respons. Teknik ini bertujuan untuk mengevaluasi seberapa besar pengaruh setiap faktor proses terhadap hasil yang diperoleh, sehingga dapat diidentifikasi faktor yang memiliki dampak paling signifikan terhadap kualitas permukaan. Tahapan awal dalam analisis ANOVA dimulai dengan menghitung nilai jumlah kuadrat (*Sum of Squares/SS*) untuk setiap faktor, kemudian dilanjutkan dengan menghitung jumlah kuadrat total (*Total Sum of Squares/SST*). Nilai-nilai ini digunakan untuk menentukan persentase kontribusi masing-masing faktor terhadap keseluruhan variasi yang terjadi dalam data respons. (Rifelino, 2021)

Berikut ini adalah rumus-rumus yang digunakan untuk menghitung Jumlah Kuadrat (*Sum of Squares*), Derajat Kebebasan (*Degree of Freedom*), Rata-Rata Kuadrat (*Mean Square*) nilai F (*F-value*), dan kontribusi persentase :

1. Jumlah Kuadrat (*Sum of Square*)

Jumlah kuadrat setiap faktor, contoh untuk faktor A :

$$SS_A = \frac{A_1^2}{n_{A1}} + \frac{A_2^2}{n_{A2}} + \frac{A_3^2}{n_{A3}} \dots \frac{A_n^2}{n_{An}} - \frac{T^2}{N} \quad (2.5)$$

Dengan :

A1 = Jumlah nilai data pada faktor A

A2 = Jumlah nilai data pada faktor A level 2

A3 = Jumlah nilai data pada faktor A level 3

n_{A1} = Jumlah data pada faktor A level 1

n_{A2} = Jumlah data pada faktor A level 2

n_{A3} = Jumlah data pada faktor A level 3

T = Banyaknya seluruh nilai data

N = Jumlah data keseluruhan

2. Derajat Kebebasan (*Degree of Freedom*)

Derajat kebebasan setiap faktor, derajat kebebasan total dengan *error* dan derajat kebebasan *error*

V_a = Banyak *level* pada faktor A - 1

V_t = Total semua level - 1 (2.6)

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

Dengan :

V_a = Derajat kebebasan faktor A

V_t = Derajat kebebasan total

V_e = Derajat kebebasan *error*

3. Rata-rata Kuadrat (*Mean Square*)

Rata-rata kuadrat setiap faktor, contoh untuk faktor A :

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

4. Jumlah Kuadrat Total

$$SS_T = (y_1 - \bar{y})^2 + (y_2 - \bar{y})^2 + \dots + (y_n - \bar{y})^2 \quad (2.8)$$

Dengan :

y_1 : Nilai data 1

$\bar{y}$: rata-rata seluruh data

5. Jumlah Kuadrat *Error*

$$SS_e = SS_T - SS_A - SS_B \quad (2.9)$$

6. Rata-rata Kuadrat *Error*

$$MS_e = \frac{SS_e}{V_e} \quad (2.10)$$

7. Nilai F

Perbandingan antara nilai F hitung dan F tabel dapat digunakan untuk menilai pengaruh suatu faktor terhadap respon. Jika F hitung lebih besar dari F tabel, maka faktor tersebut memiliki pengaruh yang signifikan

terhadap respon. Sebaliknya, jika F hitung lebih kecil dari F tabel, maka faktor tersebut tidak memberikan pengaruh yang signifikan. Persamaan yang digunakan ditunjukkan di bawah ini:

$$F \text{ rasio} = \frac{MS_{faktor}}{MS_E} \quad (2.11)$$

8. Persen Kontribusi

Persen kontribusi menunjukkan seberapa besar pengaruh atau sumbangan suatu faktor terhadap total variasi (varians) dalam suatu analisis, biasanya dalam konteks ANOVA.

$$\rho = \frac{SS_{Faktor}}{SS_T} \times 100\% \quad (2.12)$$

Dengan :

$$\begin{aligned} SS_{Faktor} &= \text{jumlah kuadrat faktor} \\ SS_T &= \text{jumlah kuadrat total} \end{aligned}$$

2.7 Penelitian Terdahulu

Sebelum melaksanakan penelitian ini, peneliti melakukan telaah terhadap berbagai studi sebelumnya yang berkaitan dengan topik yang dibahas. Tujuan dari telaah ini adalah untuk memahami sejauh mana isu yang diteliti telah dibahas dalam penelitian terdahulu, serta mengidentifikasi kekosongan (gap) yang dapat dijadikan pijakan dalam penelitian selanjutnya. Referensi dari penelitian-penelitian sebelumnya disajikan dalam tabel berikut.

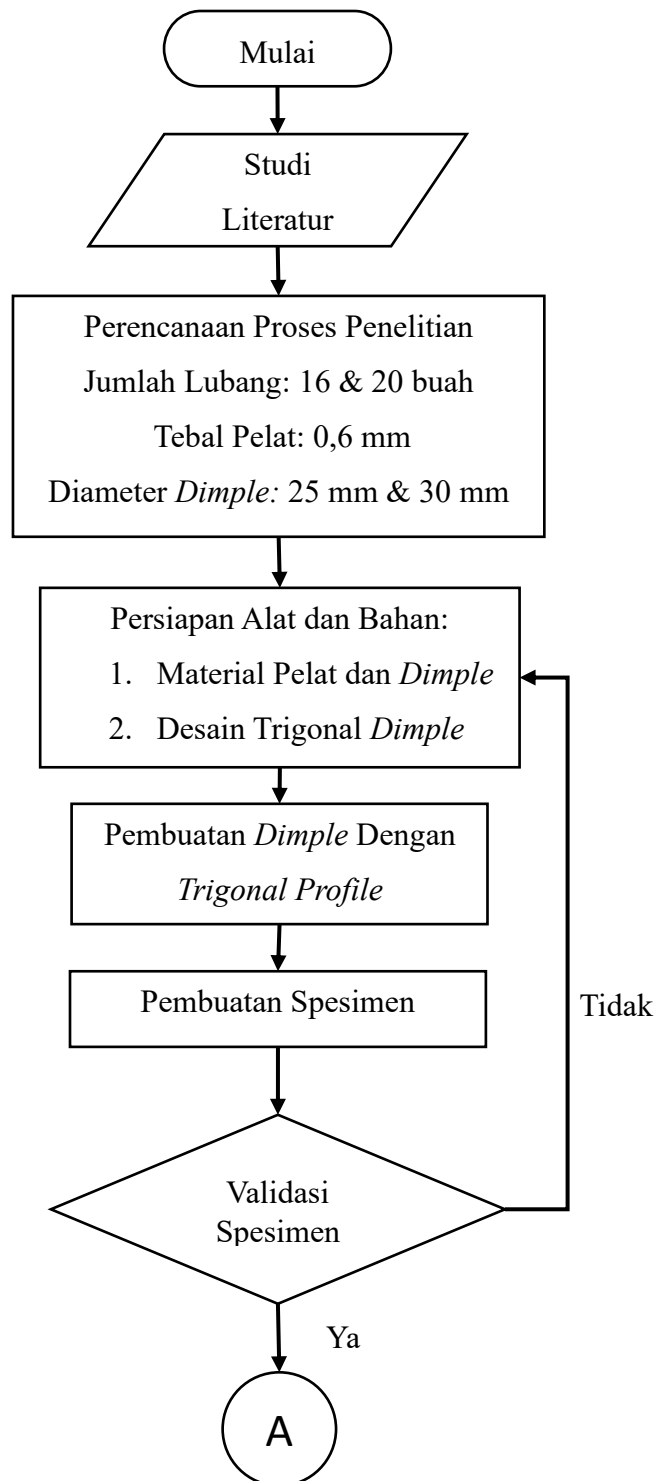
Tabel 2. 2 Perbandingan Penelitian Sebelumnya

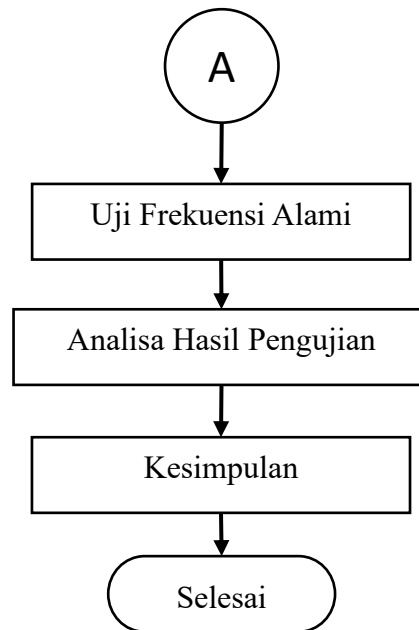
No	Jurnal	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian
1.	(M. Irfan Nur Kholis, 2024)	Analisa Kekakuan Pelat terhadap Pembentukan Dimple Dies dengan Variasi Diameter Lubang dan Jumlah Lubang Dimple	mengetahui pengaruh variasi lubang bor dan jumlah lubang dimple terhadap kekakuan pelat untuk respon frekuensi naturalnya	Uji frekuensi natural menggunakan Vibroport 80
2.	(Abimanyu Harsono A. I., 2024)	Pengaruh Pembentukan Alur Trapesium Pada Pelat Galvanil dengan Proses Bead Roller Terhadap Frekuensi Alami Pada Kondisi Batas Jepit – Jepit	untuk mengetahui pengaruh pembentukan alur trapesium pada pelat galvanil terhadap frekuensi alami melalui proses pengerolan menggunakan alat bead roll dengan variasi lebar alur	Uji frekuensi alami Vibroport 80
3.	(Marcel Darensyah, 2023)	Pengaruh Pengerolan Pelat 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

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir





3.1.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan menghimpun informasi dari berbagai sumber terpercaya, seperti jurnal ilmiah, karya tulis akademik, buku, serta materi digital yang tersedia secara daring. Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk memperoleh pemahaman yang mendalam mengenai metode pengujian frekuensi alami pada pelat dengan bentuk dimple dies. Dalam proses ini, peneliti menelusuri dan mengevaluasi sejumlah teori serta temuan yang telah dipublikasikan oleh para ahli terkait topik tersebut. Melalui langkah ini, peneliti dapat membentuk gambaran menyeluruh mengenai pendekatan-pendekatan yang telah digunakan dalam penelitian terdahulu yang relevan. Dengan demikian, studi literatur berperan penting dalam membantu peneliti merancang strategi penelitian yang tepat serta memastikan bahwa studi yang dilakukan memiliki landasan teoritis yang kokoh. Selain itu, informasi yang dikumpulkan dari literatur juga berfungsi sebagai referensi dan bahan pembandingan bagi hasil penelitian yang akan diperoleh, sehingga memungkinkan peneliti untuk mengukur kontribusi dan relevansi penelitiannya terhadap perkembangan ilmu pengetahuan di bidang tersebut.

3.1.2 Perencanaan Proses Penelitian

Sebagai dasar pengujian, penelitian ini mengacu pada dua variabel berikut :

1. Variabel Proses

Dalam penelitian ini, variabel proses terdiri atas tiga parameter utama yang diperkirakan memiliki pengaruh langsung terhadap hasil pengujian, yakni diameter lubang pada *dimple dies*, jumlah lubang *dimple dies* yang divariasikan, serta ketebalan pelat yang digunakan sebagai objek uji. Ketiga parameter tersebut dipilih karena memiliki keterkaitan yang erat dengan karakteristik dinamis pelat, khususnya terhadap respons berupa frekuensi alami. Perubahan pada masing-masing variabel diyakini dapat menyebabkan perbedaan signifikan dalam hasil pengujian getaran. Oleh sebab itu, variabel-variabel tersebut ditetapkan sebagai faktor kontrol dalam desain eksperimen dan akan diuji pada beberapa level variasi untuk menganalisis sejauh mana kontribusi masing-masing terhadap perubahan nilai respons.

2. Variabel Respon

Dalam penelitian ini, analisis terhadap variabel respon akan dilakukan melalui uji frekuensi alami dengan tujuan untuk mengidentifikasi tingkat kemunculan *dimple dies* selama proses berlangsung. Melalui pendekatan ini, diharapkan dapat diperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai pola dan kecenderungan terbentuknya *dimple dies* berdasarkan data observasi yang telah dikumpulkan.

3.1.3 Persiapan Alat dan Bahan

1. Persiapan Bahan

Pada tahap selanjutnya dalam penelitian ini, dilakukan proses persiapan bahan berupa pelat dengan ketebalan 0,6 mm dan ukuran 580 mm x 580 mm, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 3.1 di bawah ini.



Gambar 3. 1 Pelat Galvanil

2. Persiapan Alat

1. Pembuatan Cetakan

Dalam penelitian ini, alat yang digunakan meliputi peralatan untuk proses pembuatan cetakan *dimple*, yang dilakukan melalui metode permesinan, khususnya proses pembubutan.

2. Cetakan *Dimple*

Cetakan *dimple* dibuat dengan menggunakan teknik permesinan dan berfungsi untuk membentuk lubang *dimple* pada material. Bentuk dan detail cetakan tersebut ditampilkan pada gambar 3. 2



Gambar 3. 2 Cetakan *Dimple*

3. Alat Uji *Vibroport 80*

Alat uji *Vibroport 80* merupakan perangkat yang digunakan dalam penelitian ini untuk melakukan pengujian frekuensi alami pada sampel yang telah mengalami proses pembentukan *dimple dies*, dengan tujuan untuk mengetahui respons dinamis dari material yang telah dimodifikasi tersebut. Penggunaan alat ini memungkinkan pengambilan data secara akurat terkait karakteristik getaran alami dari sampel, yang sangat penting dalam analisis performa dan kestabilan struktur. Gambar dari alat uji *Vibroport 80* dapat dilihat pada Gambar 3. 3



Gambar 3. 3 Alat Uji *Vibroport 80*

4. Meja Uji Jepit

Meja uji jepit berfungsi sebagai alat penjepit sampel selama proses pengujian berlangsung, khususnya pada pengujian dengan kondisi jepit-jepit. Alat ini memastikan posisi sampel tetap stabil agar hasil pengujian lebih akurat. Tampilan meja uji jepit tersebut ditampilkan pada Gambar 3. 4



Gambar 3. 4 Meja Uji Jepit

3.1.4 *Design of Experiment (DOE)*

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 digunakan dalam penelitian ini meliputi diameter *dimple* dan jumlah lubang *dimple*.

3.1.5 Penentuan Faktor dan Level Penelitian

Penelitian ini menggunakan dua parameter proses utama, yaitu diameter *dimple* (mm) dan jumlah lubang *dimple*. Berdasarkan hasil studi literatur, pemilihan parameter proses dilakukan dengan menetapkan faktor dan level eksperimen yang sesuai. Desain eksperimen yang digunakan mengacu pada metode *taguchi* dengan menggunakan *orthogonal array L4*, yang terdiri dari dua faktor dan dua level. Pemilihan desain ini didasarkan pada perhitungan total derajat kebebasan. Rincian nilai parameter dan level yang digunakan dalam penelitian ditampilkan pada Tabel 3.1, sedangkan Tabel 3.2 menyajikan parameter tetap yang berfungsi sebagai variabel kendali dalam proses. Selanjutnya, perhitungan total derajat kebebasan disajikan dalam Tabel 3.3, dan desain *matriks Taguchi orthogonal array L4* beserta susunan desain faktorial penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.4 dan Tabel 3.5.

Tabel 3. 1 Nilai Parameter Dan Level Penelitian

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

Tabel 3. 2 Tabel Parameter Tetap

Parameter Tetap	Nilai Parameter Tetap
Pelat Galvanil	0.6 mm

Tabel 3. 3 Total Derajat Kebebasan

Parameter Bebas	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. 4 Desain *Taguchi Orthogonal Array L₄*

No Eksperimen	Diameter <i>Dimple</i>	Jumlah Lubang <i>Dimple</i>
1	1	1
2	2	1
3	1	2
4	2	2

Tabel 3. 5 Desain Faktorial Penelitian

No Eksperimen	Diameter <i>Dimple</i>	Jumlah Lubang <i>Dimple</i>
1	25 mm	16 buah
2	30 mm	16 buah
3	25 mm	20 buah
4	30 mm	20 buah

Tabel 3.5 akan dijadikan acuan dalam pelaksanaan percobaan. Setiap kombinasi nilai parameter yang tercantum dalam tabel tersebut akan dimasukkan ke dalam perangkat lunak Minitab, dan untuk setiap kondisi, pelat dimple akan diproduksi sebanyak tiga replikasi sampel. Selanjutnya, sampel yang telah terbentuk dimple akan diuji, dan nilai frekuensi alaminya akan dihitung berdasarkan rata-rata dari ketiga sampel tersebut.

3.1.6 Pembuatan Spesimen

Pembuatan spesimen dilakukan di Bengkel Mekanik Polman Babel, tepatnya di Laboratorium Las dan Fabrikasi Logam (LAFALO). Pada proses ini, pelat galvanil yang telah dipotong dengan ukuran 580 mm x 580 mm dan memiliki ketebalan 0,6 mm dibentuk menggunakan cetakan *dimple* berdiameter 25 mm dan 30 mm, jumlah lubang *dimple* divariasikan menjadi 16 dan 20 buah. Tujuan dari proses ini adalah untuk membentuk lubang-lubang *dimple* pada permukaan pelat, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.5. Pembentukan *dimple* ini bertujuan untuk meningkatkan kekakuan pelat, dibandingkan dengan pelat datar yang tidak mengalami proses pembentukan serupa.



Gambar 3. 5 Proses Pembuatan Spesimen

3.1.7 Evaluasi Respons Frekuensi Dan Dokumentasi Hasil Pengujian

Pengukuran frekuensi dilakukan guna mengevaluasi respons frekuensi dan kekakuan spesimen yang telah dibentuk *dimple*, dengan menggunakan perangkat *Vibroport 80*. Proses pengambilan data dilakukan melalui tahapan-tahapan berikut:

1. Letakkan spesimen pada meja pengujian.
2. Putar dan kencangkan baut penjepit pada meja uji hingga pelat terkunci dengan kuat dan tidak mengalami gerakan.
3. Persiapkan alat *Vibroport 80*, pilih opsi *Transfer Function* pada layar utama, dan tekan hingga berpindah ke menu selanjutnya.
4. Saat tampilan kedua muncul di *Vibroport 80*, pilih opsi *Stiffness* untuk melanjutkan proses.
5. Sesuaikan pengaturan pada menu dengan spesifikasi yang ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 3. 6 Setup *vibroport 80*

Input Channel	1
Excitation Mode	Hammer
Sensor	Asx-06x/07x(100mv/G)
Res. Input Range	Automatic
Hammer Units	N
H. Sens.(Mv/N)	2.00
H. CCS Power	On
Hammer Range	Automatic
Measurement	Stiffness
Meas Units	N/ μ m
Y-Axis	Log
Low Pass	1000 Hz
Lines	800
Window	Uniform
Num Of Averages	3
Accept/Reject	Manual
Invert Phase	Off
Good Coherance	80%
Save To	Card
Posn.Autoincr	Off

6. Kemudian tekan *Start* dan lakukan kalibrasi hingga menunjukkan menu

Tabel 3. 7 Tabel Kalibrasi *Vibroport 80*

Automatic Parameter Values Calculated	
Hammer Input Range	200 N
Response Input Range	20 g

7. Lalu tekan OK setelah itu lakukan pengujian



Gambar 3. 6 Pengujian

Setiap spesimen diuji dengan delapan kali ketukan selama proses pengambilan data. Hasil pengujian ditampilkan dalam Tabel 3.8 hingga Tabel 3.11, masing-masing untuk konfigurasi diameter *dimple* 25 mm dan 30 mm dengan jumlah lubang *dimple* sebanyak 16 dan 20 buah. Rata-rata hasil dari setiap pelat dapat dilihat pada Tabel 3.12.

Tabel 3. 8 Data Pengujian Spesimen Dengan Diameter *Dimple* 25 mm Dan
Jumlah Lubang *Dimple* 16 Buah

Ketukan	Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3
1	69,99	7,37	77,99
2	70,99	3,37	92,99
3	101,99	4,86	46,99
4	87,99	5,92	43,99
5	106,99	41,99	70,99
6	138,99	52,97	79,99
7	152,99	36,99	102,99
8	60,99	63,99	20,00
Rata - rata	98,86	27,18	66,99

Tabel 3. 9 Data Pengujian Spesimen Dengan Diameter *Dimple* 30 mm Dan
Jumlah Lubang *Dimple* 16 Buah

Ketukan	Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3
1	10,33	58,99	84,99
2	12,47	53,99	68,32
3	12,63	114,99	77,99
4	22,30	67,99	63,27
5	26,05	140,24	123,65
6	13,43	56,51	99,99
7	25,09	59,05	114,99
8	7,05	60,99	77,99
Rata - rata	16,16	76,59	88,89

Tabel 3. 10 Data Pengujian Spesimen Dengan Diameter *Dimple* 25 mm Dan
Jumlah Lubang *Dimple* 20 Buah

Ketukan	Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3
1	107,44	155,99	88,99
2	70,99	61,99	75,99
3	44,99	74,35	63,99
4	56,99	86,49	60,99
5	90,99	120,99	55,00
6	77,99	53,99	53,99
7	90,99	139,99	33,99
8	99,99	66,99	61,99
Rata - rata	80,04	95,09	61,86

Tabel 3. 11 Data Pengujian Spesimen Dengan Diameter *Dimple* 30 mm Dan
Jumlah Lubang *Dimple* 20 Buah

Ketukan	Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3
1	6,84	166,14	160,99
2	1,44	121,77	57,36
3	143,99	95,99	56,99
4	107,08	67,02	72,99
5	111,99	98,99	88,99
6	129,99	70,14	79,99
7	65,99	56,99	68,86
8	65,99	69,38	72,99
Rata - rata	79,16	93,30	82,39

Tabel 3. 12 Rata – Rata Data Pengujian Pada Setiap Spesimen

Diameter <i>Dimple</i>	Jumlah Lubang <i>Dimple</i>	Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3	Rata – rata
25 mm	16 buah	98,86	27,18	66,99	64,34
30 mm	16 buah	16,16	76,59	88,89	60,54
25 mm	20 buah	80,04	95,09	61,86	78,99
30 mm	20 buah	79,16	93,30	82,39	84,95

Nilai rata – rata dari hasil pengujian setiap spesimen selanjutnya diinput kedalam aplikasi minitab guna dilakukan analisis.

3.1.8 Analisis Data Pengujian Spesimen Dan Kesimpulan

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik frekuensi pada pelat dimple yang divariasikan berdasarkan jumlah lubang dan diameter dimple yang berbeda. Pendekatan ini mencakup analisis terhadap perubahan nilai yang diperoleh dari serangkaian pengujian pada sampel yang telah mengalami proses pembentukan sebelumnya. Metode *Taguchi* digunakan dalam analisis penelitian ini. Adapun tahapan-tahapan analisis yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. *Analisis Of Variance Taguchi*

Analisis varians adalah metode yang digunakan untuk mengevaluasi data hasil pengujian dalam suatu rancangan eksperimen dengan pendekatan statistik. Metode ini dilakukan dengan membagi total variabel yang diamati ke dalam kelompok-kelompok untuk mengetahui sumber variasinya.

2. Perhitungan Rasio S/N Untuk Variabel Respon

Rasio S/N (*Signal To Noise*) digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor utama yang memengaruhi hasil eksperimen. Dalam hal ini, karakteristik kualitas respon yang dianalisis mengikuti konsep “semakin kecil semakin baik” (*Smaller Is Better*), khususnya untuk respon berupa frekuensi natural. Rumus rasio S/N untuk model ini dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$S/N = -10\text{Log} [\sum_i^n y_i^2]$$

Dengan :

n = Jumlah pengulangan dari suatu percobaan

y_i = Data pengamatan ke- i

3. Menentukan Kondisi Optimal Dari Variabel Respon

Menentukan kondisi terbaik dari variabel respon dapat dilakukan dengan menyusun tabel variabel respon, sehingga memudahkan dalam memilih variabel bebas yang memberikan hasil respon paling optimal berdasarkan nilai kualitas dari frekuensi natural.

4. Persentase Kontribusi

Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh yang diberikan oleh masing-masing variabel maupun interaksi antar variabel, langkah pertama yang dilakukan adalah menghitung nilai *Sum Of Squares* (SS) dari setiap faktor.

5. Analisis Varians Dan Uji Hipotesis F

Uji F digunakan untuk mengevaluasi apakah suatu variabel memiliki pengaruh yang signifikan terhadap respon dalam eksperimen. Analisis varians dilakukan guna mengetahui sejauh mana besar pengaruh tersebut, dengan tingkat signifikansi α yang umumnya ditetapkan sebesar 5% atau 0,05. Hasil dari uji hipotesis F akan menentukan apakah hipotesis nol gagal ditolak atau ditolak.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Eksperimen

Pengambilan data frekuensi alami pada pelat dimple dilakukan menggunakan alat *Vibroport 80* secara otomatis, dengan tiga kali pengulangan untuk setiap pengujian. Data yang diperoleh kemudian dirata-ratakan dengan pendekatan Taguchi dan ditampilkan dalam Tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Frekuensi Alami

eks	faktor		Frekuensi (Hz)				Rata - rata
	Diameter <i>Dimple</i>	Jumlah Lubang <i>Dimple</i>	1	2	3	Jumlah	
1	25 mm	16 buah	98,86	27,18	66,99	193,03	64,34
2	30 mm	16 buah	16,16	76,59	88,89	181,64	60,54
3	25 mm	20 buah	80,04	95,09	61,86	236,99	78,99
4	30 mm	20 buah	79,16	93,30	82,39	254,85	84,95
Rata – rata							72,20

4.2 *Analisis Of Variance Taguchi*

4.2.1 Perhitungan Langsung Rata – Rata Respon

Untuk mengetahui kombinasi variabel yang memengaruhi kekakuan pelat dimple terhadap frekuensi natural, dilakukan perhitungan langsung dari hasil uji. Kemudian, dihitung nilai rata-rata respon pada masing-masing faktor sebagai berikut :

A. Perhitungan rata – rata pada faktor A (Diameter *Dimple*)

Rata-rata untuk faktor diameter *dimple* pada level 1 dihitung menggunakan data dari eksperimen 1 dan 3.

$$\bar{A}_1 = \frac{64,34 + 78,99}{2} = 71,67$$

Rata-rata untuk faktor diameter *dimple* pada level 2 dihitung menggunakan data dari eksperimen 2 dan 4.

$$\bar{A}_2 = \frac{60,54 + 84,95}{2} = 72,75$$

B. Perhitungan rata – rata pada faktor B (Jumlah Lubang *Dimple*)

Rata-rata untuk faktor jumlah lubang *dimple* pada level 1 dihitung menggunakan data dari eksperimen 1 dan 2.

$$\bar{B}_1 = \frac{64,34 + 60,54}{2} = 62,44$$

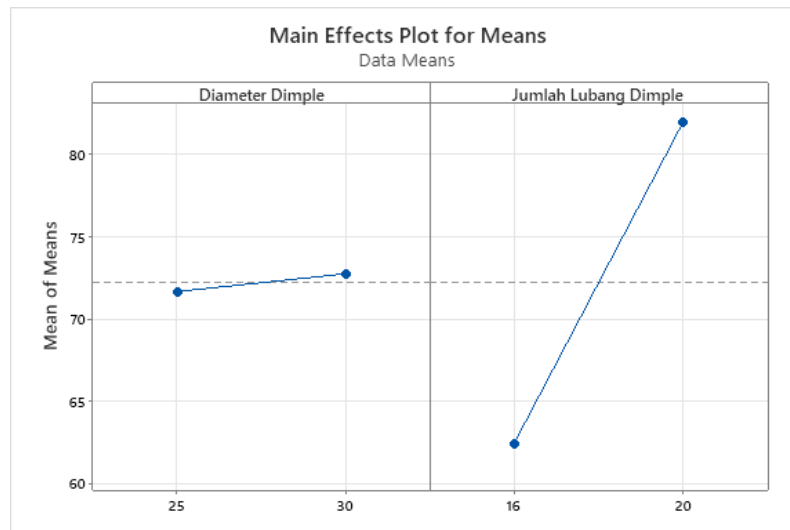
Rata-rata untuk faktor jumlah lubang *dimple* pada level 2 dihitung menggunakan data dari eksperimen 3 dan 4.

$$\bar{B}_2 = \frac{78,99 + 84,95}{2} = 81,97$$

Berdasarkan hasil perhitungan rata-rata kombinasi level dari faktor diameter *dimple* dan jumlah lubang *dimple* yang memengaruhi kekakuan pelat terhadap respon frekuensi natural, data tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.2 di bawah ini.

Tabel 4. 2 Nilai Rata-Rata Dari Hasil Frekuensi Natural

level	Diameter <i>Dimple</i>	Jumlah Lubang <i>Dimple</i>
1	71,67	62,44
2	72,75	81,97
Selisih	1,08	19,53
Peringkat	2	1



Gambar 4. 1 Grafik Respon Rata-Rata Variabel Pada Hasil Frekuensi Natural
(Source: Software Minitab)

Berdasarkan nilai rata-rata frekuensi natural pada setiap tingkatannya, kombinasi dari variabel-variabel yang digunakan dapat ditentukan. Kombinasi variabel proses yang menghasilkan respon paling optimal ditampilkan pada Tabel 4.3 di bawah ini.

Tabel 4. 3 Kombinasi Tingkat Faktor Pada Level Optimum

No	Variabel Proses	Tingkat Level	Nilai Level
1	Diameter dimple	1	25 mm
2	Jumlah lubang dimple	1	16 buah

4.2.2 *Analisis Of Variance* (ANOVA) Dan Persentase Kontribusi Rata-Rata

Metode statistik ANOVA digunakan untuk mengevaluasi sejauh mana masing-masing faktor dalam suatu eksperimen memberikan kontribusi, sehingga memungkinkan interpretasi yang lebih jelas terhadap data hasil pengujian. Dalam analisis varians, terdapat beberapa komponen perhitungan penting, seperti derajat kebebasan, jumlah kuadrat, kuadrat rata-rata, dan rasio F.

A. Perhitungan jumlah kuadrat (*Sum Of Square*) untuk faktor diameter *dimple*

Untuk nilai jumlah kuadrat dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.5.

$$SS_A = \frac{143,33^2}{2} + \frac{145,49^2}{2} - \frac{288,82^2}{4} \\ = 1,166$$

Untuk nilai derajat kebebasan dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.6.

$$V_a = 2 - 1 \\ = 1$$

Untuk nilai rata-rata kuadrat dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.7.

$$MS_A = \frac{1,166}{1} = 1,166$$

Untuk nilai jumlah kuadrat total dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.8.

$$SS_T = (64,34 - 72,20)^2 + (60,54 - 72,20)^2 + (78,99 - 72,20)^2 \\ + (84,95 - 72,20)^2 \\ = 406,402$$

Untuk nilai jumlah kuadrat error dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.9.

$$SS_e = 406,402 - 1,166 - 381,421 \\ = 23,814$$

Untuk nilai f-rasio dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.11.

$$F \text{ rasio} = \frac{1,166}{23,814} = 0,05$$

A. Perhitungan jumlah kuadrat (*Sum Of Square*) untuk faktor jumlah lubang *dimple*

Untuk nilai jumlah kuadrat dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.5.

$$SS_B = \frac{124,88^2}{2} + \frac{163,94^2}{2} - \frac{288,82^2}{4}$$

$$= 381,421$$

Untuk nilai derajat kebebasan dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.6.

$$V_a = 2 - 1$$

$$= 1$$

Untuk nilai rata-rata kuadrat dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.7.

$$MS_B = \frac{381,421}{1} = 381,421$$

Untuk nilai jumlah kuadrat total dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.8.

$$SS_T = (64,34 - 72,20)^2 + (60,54 - 72,20)^2 + (78,99 - 72,20)^2$$

$$+ (84,95 - 72,20)^2$$

$$= 406,402$$

Untuk nilai jumlah kuadrat error dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.9.

$$SS_e = 406,402 - 1,166 - 381,421$$

$$= 23,814$$

Untuk nilai f-rasio dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.11.

$$F_{rasio} = \frac{381,42}{23,814} = 16,02$$

Berdasarkan hasil perhitungan Analisis Varian (ANOVA) terhadap frekuensi natural pada pelat yang telah melalui proses pembentukan *dimple*, data tersebut disajikan pada Tabel 4.4 di bawah ini.

Tabel 4. 4 *Analisis Of Variance* (Anova) Rata-Rata Pada Frekuensi Natural

Sumber	DF	SS	Ms	F-Rasio
A	1	1,166	1,166	0,05
B	1	381,421	381,421	16,02
Error	1	23,814	23,814	-
Total	3	406,402	-	-

Selanjutnya, persentase kontribusi dari masing-masing faktor dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\rho A = \frac{1,166}{406,402} \times 100\% = 0,29\%$$

$$\rho B = \frac{381,421}{406,402} \times 100\% = 93,85\%$$

$$\rho E = \frac{23,814}{406,402} \times 100\% = 5,86\%$$

Keterangan :

- Setiap faktor yang telah dihitung berdasarkan rumus sudah dikalikan 100 untuk mendapatkan nilai yang lebih relevan

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, nilai persentase kontribusi rata-rata ditampilkan pada Tabel 4.5 berikut ini.

Tabel 4. 5 Persentase Kontribusi Rata-Rata Pada Frekuensi Alami

Sumber	DF	SS	MS	ρ (%)
A	1	1,166	1,166	0,29%
B	1	381,421	381,421	93,85%
Error	1	23,814	23,814	5,86%
Total	3	406,402	-	

Berdasarkan data pada tabel di atas, hasil perhitungan persentase kontribusi rata-rata dari masing-masing faktor menunjukkan bahwa tidak ada faktor yang memberikan pengaruh signifikan terhadap kekakuan pelat dengan *dimple* terhadap

respon frekuensi natural. Hal ini mengindikasikan bahwa setiap faktor memiliki kontribusi yang relatif kecil terhadap respon, kemungkinan disebabkan oleh adanya pengaruh dari faktor gangguan lainnya.

Berdasarkan dari perhitungan ANOVA diatas, bahwa pada tabel 4.4 diketahui nilai F_{Hitung} faktor jumlah lubang dimple memiliki nilai yang paling besar dibandingkan dengan faktor diameter lubang *dimple*. Maka nilai F_{Hitung} dibandingkan dengan nilai F_{Tabel} :

Jika nilai $F_{Hitung} < F_{Tabel}$ maka faktor tersebut tidak memberikan pengaruh terhadap frekuensi natural

Jika nilai $F_{Hitung} > F_{Tabel}$ maka faktor tersebut memberikan pengaruh terhadap frekuensi natural

1. Faktor A (Diameter *Dimple*)

H_0 : faktor yang diuji tidak berpengaruh terhadap frekuensi natural

H_1 : faktor yang diuji berpengaruh terhadap frekuensi natural

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh F_{Hitung} 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 yang ditinjau dari respon frekuensi natural.

2. Faktor B (Jumlah Lubang *Dimple*)

H_0 : faktor yang diuji tidak berpengaruh terhadap frekuensi natural

H_1 : faktor yang diuji berpengaruh terhadap frekuensi natural

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh F_{Hitung} yaitu $16,02 >$ dari F_{Tabel} yaitu 10,13. Dengan demikian, H_0 ditolak, yang berarti faktor jumlah lubang *dimple* berpengaruh terhadap kekakuan pelat yang ditinjau dari respon frekuensi natural. Pernyataan hipotesis nol H_0 untuk masing-masing variabel proses disajikan pada tabel berikut ini :

Tabel 4. 6 Pernyataan Hipotesis Nol H_0 Untuk Masing-Masing Variabel

Sumber Faktor	Pernyataan H_0
A	Gagal Ditolak
B	Ditolak

Berdasarkan Tabel 4.6, dapat diketahui bahwa faktor A tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap frekuensi natural sedangkan faktor B memberikan pengaruh terhadap frekuensi natural.

4.2.3 Perhitungan Rasio S/N

Rumus pada Persamaan 2.2 digunakan untuk menghitung nilai rasio S/N. Karakteristik kualitas frekuensi alami yang berkaitan dengan kekakuan pelat mengacu pada prinsip *smaller is better*, yaitu semakin rendah frekuensinya, maka hasilnya dianggap lebih baik. Berikut ini adalah proses perhitungan untuk kombinasi faktor pada pengaturan pertama.

$$\text{Eksprimen 1 : } S/N = -10\text{Log} \left[\frac{1}{3} [98,86^2 + 27,18^2 + 66,99^2] \right] = -36,98$$

$$\text{Eksprimen 2 : } S/N = -10\text{Log} \left[\frac{1}{3} [16,16^2 + 76,59^2 + 88,89^2] \right] = -36,70$$

$$\text{Eksprimen 3 : } S/N = -10\text{Log} \left[\frac{1}{3} [80,04^2 + 95,09^2 + 61,86^2] \right] = -38,08$$

$$\text{Eksprimen 4 : } S/N = -10\text{Log} \left[\frac{1}{3} [79,16^2 + 93,30^2 + 82,39^2] \right] = -38,60$$

Berdasarkan hasil perhitungan rasio S/N di atas, diperoleh nilai yang menggambarkan kekakuan pelat *dimple* terhadap respon frekuensi natural dengan karakteristik *Smaller Is Better* (semakin kecil, semakin baik). Nilai tersebut disajikan dalam Tabel 4.7 berikut ini.

Tabel 4. 7 Tabel Rasio S/N Pada Frekuensi Natural

eks	Variabel proses		Frkuensi (Hz)			S/N
	A	B	Pelat 1	Pelat 2	Pelat 3	
1	25	16	98,86	27,18	66,99	-36,98
2	30	16	16,16	76,59	88,89	-36,70
3	25	20	80,04	95,09	61,86	-38,08
4	30	20	79,16	93,30	82,39	-38,60
Rata-rata						-37,59

4.2.4 Perhitungan Rasio S/N Terhadap Frekuensi Natural

Untuk mengetahui kombinasi variabel yang memengaruhi kekakuan pelat dimple terhadap frekuensi natural, dilakukan perhitungan variansi rasio S/N. Kemudian, dihitung nilai variansi rasio S/N pada masing-masing faktor sebagai berikut :

A. Perhitungan rasio S/N pada faktor A (Diameter *Dimple*)

Rasio S/N untuk faktor diameter *dimple* pada level 1 dihitung menggunakan data dari eksperimen 1 dan 3.

$$\bar{A}_1 = \frac{(-36,98) + (-38,08)}{2} = -37,53$$

Rasio S/N untuk faktor diameter *dimple* pada level 2 dihitung menggunakan data dari eksperimen 2 dan 4.

$$\bar{A}_2 = \frac{(-36,70) + (-38,60)}{2} = -37,65$$

B. Perhitungan rasio S/N pada faktor B (Jumlah Lubang *Dimple*)

Rasio S/N untuk faktor jumlah lubang *dimple* pada level 1 dihitung menggunakan data dari eksperimen 1 dan 2.

$$\bar{B}_1 = \frac{(-36,98) + (-36,70)}{2} = -36,845$$

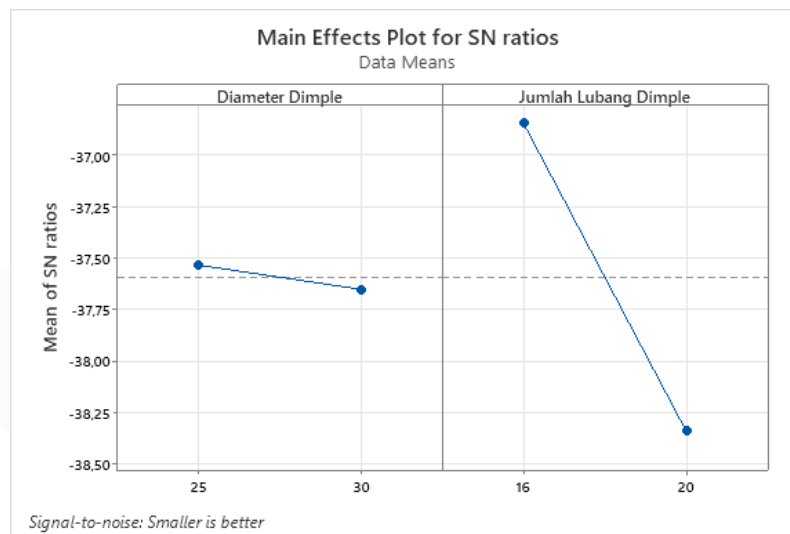
Rasio S/N untuk faktor jumlah lubang *dimple* pada level 2 dihitung menggunakan data dari eksperimen 3 dan 4.

$$\bar{B}_2 = \frac{(-38,08) + (-38,60)}{2} = -38,34$$

Berdasarkan hasil perhitungan rasio S/N kombinasi level dari faktor diameter *dimple* dan jumlah lubang *dimple* yang memengaruhi kekakuan pelat terhadap respon frekuensi natural, data tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.8 di bawah ini

Tabel 4. 8 Nilai Rasio S/N Terhadap Frekuensi Natural

level	Diameter <i>Dimple</i>	Jumlah Lubang <i>Dimple</i>
1	-37,53	-36,84
2	-37,65	-38,34
Selisih	0,12	1,5
Peringkat	2	1



Gambar 4. 2 Grafik Respon Rasio S/N Variabel Pada Hasil Frekuensi Natural
(Source: Software Minitab)

Berdasarkan nilai rasio S/N frekuensi natural pada setiap tingkatannya, kombinasi dari variabel-variabel yang digunakan dapat ditentukan. Kombinasi variabel proses yang menghasilkan respon paling optimal ditampilkan pada Tabel 4.9 di bawah ini.

Tabel 4. 9 Kombinasi Tingkat Faktor Pada Level Optimum Pada Rasio S/N

No	Variabel proses	Tingkat Level	Nilai Level
1	Diameter <i>Dimple</i>	1	25 mm
2	Jumlah Lubang <i>Dimple</i>	1	16 buah

4.2.5 *Analisis Of Variance (ANOVA) Dan Persentase Kontribusi Rasio S/N*

Metode statistik ANOVA digunakan untuk mengevaluasi sejauh mana masing-masing faktor dalam suatu eksperimen memberikan kontribusi, sehingga memungkinkan interpretasi yang lebih jelas terhadap data hasil pengujian. Dalam analisis varians, terdapat beberapa komponen perhitungan penting, seperti derajat kebebasan, jumlah kuadrat, kuadrat rata-rata, dan rasio F.

A. Perhitungan jumlah kuadrat (*Sum Of Square*) untuk faktor diameter *dimple*

Untuk nilai jumlah kuadrat dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.5.

$$SS_A = \frac{-75,06^2}{2} + \frac{-75,30^2}{2} - \frac{-150,36^2}{4} \\ = 0,0144$$

Untuk nilai derajat kebebasan dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.6.

$$V_a = 2 - 1 \\ = 1$$

Untuk nilai rata-rata kuadrat dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.7.

$$MS_A = \frac{0,0144}{1} \\ = 0,0144$$

Untuk nilai jumlah kuadrat total dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.8.

$$SS_T = ((-36,98) - (-37,59))^2 + ((-36,70) - (-37,59))^2 + \\ ((-38,08) - (-37,59))^2 + ((-38,60) - (-37,59))^2 \\ = 2,4244$$

Untuk nilai jumlah kuadrat error dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.9.

$$SS_e = 2,4244 - 0,0144 - 2,25 \\ = 0,16$$

Untuk nilai f-rasio dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.11.

$$F \text{ rasio} = \frac{0,0144}{0,16} \\ = 0,9$$

B. Perhitungan jumlah kuadrat (*Sum Of Square*) untuk faktor jumlah lubang *dimple*

Untuk nilai jumlah kuadrat dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.5.

$$SS_B = \frac{-73,68^2}{2} + \frac{-76,68^2}{2} - \frac{-150,36^2}{4} \\ = 2,25$$

Untuk nilai derajat kebebasan dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.6.

$$V_b = 2 - 1 \\ = 1$$

Untuk nilai rata-rata kuadrat dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.7.

$$MS_B = \frac{2,25}{1} \\ = 2,25$$

Untuk nilai jumlah kuadrat total dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.8.

$$SS_T = ((-36,98) - (-37,59))^2 + ((-36,70) - (-37,59))^2 + \\ ((-38,08) - (-37,59))^2 + ((-38,60) - (-37,59))^2 \\ = 2,4244$$

Untuk nilai jumlah kuadrat error dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.9.

$$SS_e = 2,4244 - 0,0144 - 2,25 \\ = 0,16$$

Untuk nilai F-rasio dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.11.

$$F \text{ rasio} = \frac{2,25}{0,16}$$

$$= 14,06$$

Berdasarkan hasil perhitungan *Analisis Of Variance* (ANOVA) terhadap frekuensi natural pada pelat yang telah melalui proses pembentukan *dimple*, data tersebut disajikan pada Tabel 4.10 di bawah ini.

Tabel 4. 10 *Analisis of Variance* (ANOVA) Rasio S/N Pada Frekuensi Natural

Sumber	DF	SS	Ms	F-Rasio
A	1	0,0144	0,0144	0,9
B	1	2,25	2,25	14,06
Error	1	0,16	0,16	-
Total	3	2,4244	-	-

Selanjutnya, persentase kontribusi dari masing-masing faktor dihitung dengan menggunakan persamaan 2.12 sebagai berikut:

$$\rho_A = \frac{0,0144}{2,4244} \times 100\% = 0,59\%$$

$$\rho_B = \frac{2,25}{2,4244} \times 100\% = 92,81\%$$

$$\rho_E = \frac{0,16}{2,4244} \times 100\% = 6,6\%$$

Keterangan :

- Setiap faktor yang telah dihitung berdasarkan rumus sudah dikalikan 100 untuk mendapatkan nilai yang lebih relevan

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, nilai persentase kontribusi rasio S/N ditampilkan pada Tabel 4.11 berikut ini.

Tabel 4. 11 Persentase Kontribusi Rasio S/N Pada Frekuensi Alami

Sumber	DF	SS	MS	ρ (%)
A	1	0,0144	0,0144	0,59%
B	1	2,25	2,25	92,81%
Error	1	0,16	0,16	6,6%
Total	3	2,4244	-	

Berdasarkan data pada tabel di atas, hasil perhitungan persentase kontribusi rasio S/N dari masing-masing faktor menunjukkan bahwa tidak ada faktor yang memberikan pengaruh signifikan terhadap kekakuan pelat dengan *dimple* terhadap respon frekuensi natural. Hal ini mengindikasikan bahwa setiap faktor memiliki kontribusi yang relatif kecil terhadap respon, kemungkinan disebabkan oleh adanya pengaruh dari faktor gangguan lainnya.

Berdasarkan dari perhitungan ANOVA diatas, bahwa pada tabel 4.10 diketahui nilai F_{Hitung} faktor jumlah lubang *dimple* memiliki nilai yang paling besar dibandingkan dengan faktor diameter lubang *dimple*. Maka nilai F_{Hitung} dibandingkan dengan nilai F_{Tabel} :

Jika nilai $F_{Hitung} < F_{Tabel}$ maka faktor tersebut tidak memberikan pengaruh terhadap frekuensi natural

Jika nilai $F_{Hitung} > F_{Tabel}$ maka faktor tersebut memberikan pengaruh terhadap frekuensi natural

1. Faktor A (Diameter *Dimple*)

H_0 : faktor yang diuji tidak berpengaruh terhadap frekuensi natural

H_1 : faktor yang diuji berpengaruh terhadap frekuensi natural

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh F_{Hitung} sebesar 0,9 < dari F_{Tabel} yaitu 10,13. Dengan demikian, H_0 gagal ditolak, yang berarti faktor diameter *dimple* tidak berpengaruh terhadap kekakuan pelat yang ditinjau dari respon frekuensi natural.

2. Faktor B (Jumlah Lubang *Dimple*)

H_0 : faktor yang diuji tidak berpengaruh terhadap frekuensi natura

H_1 : faktor yang diuji berpengaruh terhadap frekuensi natural

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh F_{Hitung} yaitu $14,06 >$ dari F_{Tabel} yaitu $10,13$. Dengan demikian, H_0 ditolak, yang berarti faktor diameter *dimple* berpengaruh terhadap kekakuan pelat yang ditinjau dari respon frekuensi natural. Pernyataan hipotesis nol H_0 untuk masing-masing variabel proses disajikan pada tabel berikut ini :

Tabel 4. 12 Pernyataan Hipotesis Nol H_0 Untuk Masing-Masing Variabel

Sumber Faktor	Pernyataan H_0
A	Gagal Ditolak
B	ditolak

Berdasarkan Tabel 4.12, dapat diketahui bahwa faktor A tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap frekuensi natural sedangkan faktor B memberikan pengaruh terhadap frekuensi natural.

4.3 Data Penelitian Sebelumnya

Penelitian sebelumnya oleh (M. Irfan Nur Kholis, 2024) membahas pengaruh pembentukan *dimple dies* pada pelat galvanil 0,6 mm terhadap respon frekuensi natural, dengan memvariasikan dua faktor utama, yaitu diameter lubang (20 mm dan 25 mm) dan jumlah lubang *dimple* (16 dan 20 lubang). Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat *vibroport 80*, dan data respon berupa nilai frekuensi natural rata-rata diperoleh dari tiga kali replikasi untuk masing-masing kombinasi. Berikut adalah data utamanya dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4. 13 Data Penelitian Sebelumnya

No	Diameter Lubang	Jumlah Lubang <i>Dimple</i>	Rata-rata Frekuensi Natural (Hz)
1	20 mm	16 buah	380,84
2	20 mm	20 buah	356,64
3	25 mm	16 buah	399,01
4	25 mm	20 buah	366,27

Hasil utama :

1. Kombinasi terbaik dalam hal respon kekakuan terendah (frekuensi natural terbesar) diperoleh pada diameter lubang 20 mm dan jumlah lubang 20, yaitu 356,64 Hz.
2. Jumlah lubang dimple terbukti lebih dominan mempengaruhi kekakuan pelat dibanding diameter lubang. Ini dibuktikan oleh hasil analisis ANOVA, di mana jumlah lubang memiliki nilai F hitung yang lebih tinggi.
3. Respon rasio S/N (*Signal to Noise ratio*) menggunakan kriteria "*Smaller is Better*" menunjukkan nilai optimal pada konfigurasi bor 20 mm dan jumlah lubang 20.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan dalam penelitian berjudul “Investigasi Kekakuan Pada Pelat Baja Lunak Dengan Pembentukan Metode *Dimple Dies Triangle Profile*” maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Faktor jumlah lubang *dimple* terbukti memiliki pengaruh signifikan terhadap kekakuan pelat yang ditinjau dari nilai frekuensi natural. Hal ini ditunjukkan dengan 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.
2. Faktor diameter *dimple* tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap kekakuan pelat berdasarkan hasil pengujian frekuensi natural. Hal ini ditunjukkan dengan nilai F-hitung yang lebih kecil dari F-tabel serta kontribusi yang rendah, yaitu hanya sekitar 0,29% terhadap rata-rata dan 0,59% terhadap rasio S/N.
3. Kombinasi parameter diameter *dimple* 25 mm dan jumlah lubang 16 buah menghasilkan respon optimal terhadap frekuensi natural dengan karakteristik kekakuan pelat yang lebih baik.
4. Metode Taguchi terbukti efektif dalam menganalisis pengaruh variabel terhadap respons frekuensi natural, baik melalui pendekatan rata-rata maupun rasio S/N, sehingga memudahkan dalam penentuan faktor dominan dan kombinasi optimal.
5. Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (M. Irfan Nur Kholis, 2024) dengan jumlah *dimple* yang sama dan profil *dimple* yang berbeda, hasil penelitian ini menunjukkan peningkatan kinerja yang signifikan, baik dari segi kekakuan pelat maupun efisiensi metode pembentukan. Peningkatan ini membuktikan bahwa modifikasi

parameter proses yang diterapkan dalam penelitian saat ini mampu menghasilkan hasil yang lebih optimal dan dapat dijadikan acuan untuk pengembangan penelitian lanjutan

5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, berikut beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya:

1. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk mempertimbangkan penambahan variasi parameter, seperti bentuk *dimple*, kedalaman *dimple*, atau posisi *dimple*, guna mendapatkan analisis yang lebih komprehensif terhadap kekakuan pelat.
2. Perlu dilakukan pengujian tambahan dengan memperbesar jumlah spesimen atau pengulangan agar hasil yang diperoleh lebih akurat dan dapat mewakili populasi secara statistik.
3. Penelitian ini masih terbatas pada kondisi pembebanan tertentu (uji frekuensi alami). Oleh karena itu, disarankan untuk melakukan pengujian mekanis lainnya, seperti uji tarik, uji impak, atau uji kekakuan statis untuk memperoleh gambaran yang lebih luas mengenai karakteristik kekuatan pelat *dimple*.
4. Diperlukan peninjauan terhadap faktor eksternal atau noise seperti keseragaman pembentukan *dimple*, ketelitian dimensi pelat, dan kualitas material, yang mungkin turut memengaruhi hasil pengujian namun belum dianalisis secara spesifik dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abimanyu Harsono, A. I. (2024). Pengaruh Pembentukan Alur Trapesium Pada Pelat Galvanil dengan Proses Bead Roller Terhadap Frekuensi Alami Pada Kondisi Batas Jepit – Jepit. *Jurnal Teknik Mesin*, 183-188.
- Abimanyu Harsono, E. &. (2024). Analisa Kekakuan Pelat Galvanil Ketebalan 0,6 mm Terhadap Pembentukan Bead Roll dengan Variasi Ukuran dan Bentuk Trapesium. *Manutech : Jurnal Teknologi Manufaktur*, 187-194.
- Ahmad, M. F. (2018). Hubungan Getaran Terhadap Produktivitas Dengan Keluhan Carpal Tunnel Syndrome Sebagai Variabel Intervening Pada Pekerja Konveksi Di Kota Makassar. *Skripsi. Universitas Hasanudin Makassar*, 1-124.
- Edwira Nurazizi Aulia, S. &. (2023). Pengaruh Pengerolan Alur Pelat Heksagonal Terhadap Frekuensi Pribadinya Dalam Kondisi Bebas-Bebas. *Jurnal Inovasi Teknologi Terapan*, 292-299.
- Ekawati, P. H. (2020). Penerapan Metode Taguchi untuk Meningkatkan Kualitas Bata Ringan pada UD. XY Malang . *Journal of Industrial Engineering and Management Systems Vol. 13, No. 1*, 13-26.
- Endriatno, N. (2020). Penentuan Frekuensi Pribadi Balok Kantilever Pada Dimensi Yang Berbeda. *Dinamika : Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 71-76.
- Fab, W. (den 17 January 2022). *Woodward Fab*. Hämtat från Woodward Fab Manufacturer Of Metal Working Machinery: <https://www.woodwardfab.com/blog/how-to-use-dimple-dies-effectively/>
- Febian M Fadillah, E. (2024). Analisis Kekakuan Pelat Baja Galvanil Ketebalan 0,6 MM Akibat Pembentukan Dengan Metode Bead Rolled. *Manutech : Jurnal Teknologi Manufaktur*, 228-232.
- Lubis, S. (2021). Simulasi Getaran Pada Piringan Tunggal Akibat Perubahan Putaran . *SiNTESa : Seminar Nasional Teknologi Edukasi dan Humaniora*, 1-7.

- M. Irfan Nur Kholis, E. &. (2024). Analisa Kekakuan Pelat terhadap Pembentukan Dimple Dies dengan Variasi Diameter Lubang dan Jumlah Lubang Dimple. *Jurnal Inovasi Teknologi Terapan*, 194-200.
- Marcel Darensyah, S. &. (2023). Pengaruh Pengerolan Pelat Kondisi Dingin Terhadap Kekakuan Pelat Pada Bak Mobil Pick Up. *Jurnal Inovasi Teknologi Terapan*, 107-113.
- Rifelino, B. R. (2021). Optimization of CNC Turning Parameters Using Taguchi Method. *Teknomekanik Vol.4, No.1*, 42-48.
- Rokhman, T. (2016). Analisis Getaran Pada Footrest Sepeda Motor Tipe Matic dan Non-Matic. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 31-40.
- Royan Hidayat, G. R. (2017). Analisis Getaran Pada Kompresor Mesin Pendingin Dengan Variasi Putaran (RPM). *Engineering: Jurnal Bidang Teknik*, 65-71.
- Soejanto, I. (2009). Desain Eksperimen Dengan Metode Taguchi. *Yogyakarta: Graha Ilmu*, 25.
- Sukanto, E. (2016). Pengaruh Perlakuan Panas Pada Pembentukan Pelat Beralur Panel Kendaraan Terhadap Peningkatan Frekuensi Alamiah Diukur Pada Kondisi Batas Jepit-Jepit. *Jurnal Rotor*, 1-6.
- W Naibaho, S. S. (2021). Analisa Perbandingan Putaran Mesin Untuk Kompresor Air Condition Pada Mobil Daihatsu Taruna Terhadap Karakteristik Getaran Berdasarkan Time Domain. *Jurnal MESIL Mesin Elektro Sipil, Vol.2, No.1*, 25-35.
- Wibawa, L. A. (2022). Analisis Frekuensi Natural Rangka Main Landing Gear Pesawat UAV Menggunakan Ansys Workbench. *Jurnal Mesin Nusantara, Vol. 5, No. 1*, 65-73.
- Yuspian Gunanwan, N. E. (2017). Analisa Pengaruh Pengelasan Listrik Terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon Rendah Dan Baja Karbon Tinggi. *ENTHALPY- Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*, 1-12.

Lampiran 1:

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Risky Arisandi
Tempat & Tanggal Lahir : Belinyu, 21 Maret 2004
Alamat Rumah : Jl. Pahlawan 12, Air Jukung,
Belinyu, Bangka,
RT/RW 006/002
Telp : +6285788142022
Hp : +6285788142022
Email : riskyarisandi482@gmail.com
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam

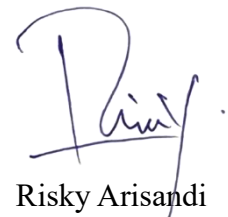


2. Riwayat Pendidikan

SD Negeri 5 Belinyu	2010-2016
SMP Negeri 1 Belinyu	2016-2019
SMKS YPN Belinyu	2019-2022

Sungailiat, 01 Juli 2025

Penulis


Risky Arisandi

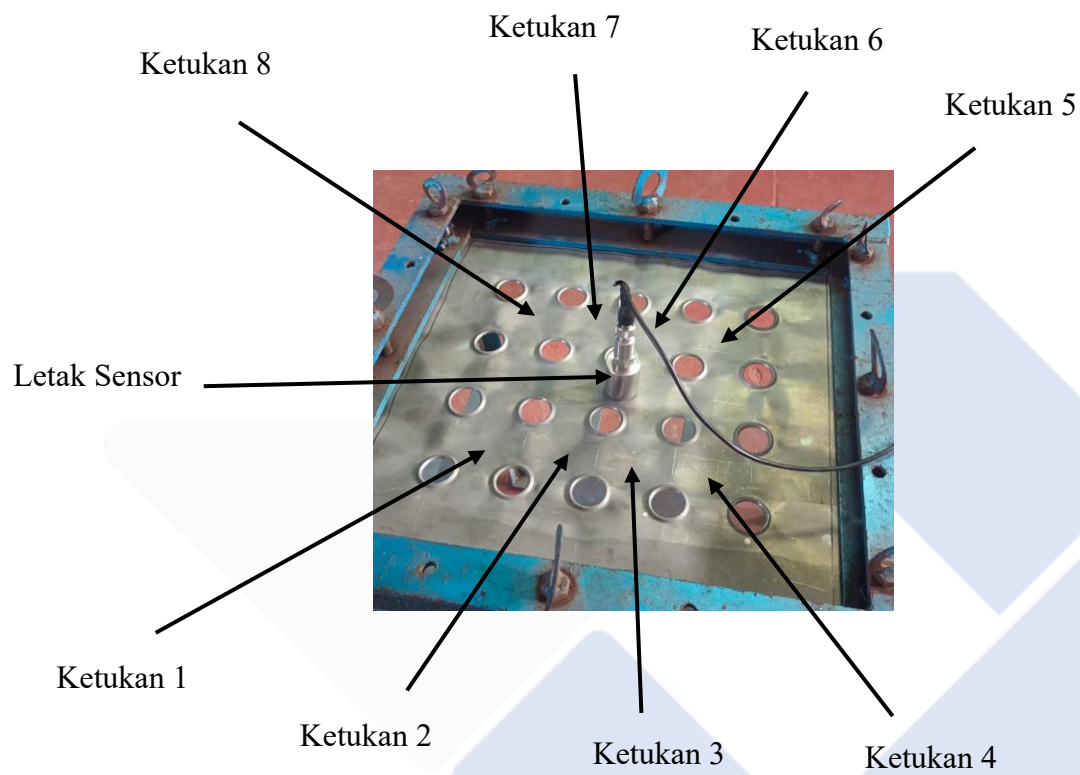
Lampiran 2 :

Dokumentasi Sampel



Lampiran 3 :

Posisi Pengetukan Data Sampel



Lampiran 4 :

Hasil Validasi *Response* Berdasarkan *Software Minitab*

Response Table for Means

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

Response Table for Signal to Noise Ratios

Smaller is better

Level	Jumlah Diameter Lubang	
	Dimple	Dimple
1	-37,53	-36,84
2	-37,65	-38,34
Delta	0,12	1,50
Rank	2	1

Lampiran 5:

Hasil Validasi ANOVA Berdasarkan *Software Minitab*

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%				

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%				

Lampiran 6:

F-Tabel

Titik Persentase Distribusi F untuk Probabilitas = 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

Lampiran 7:

Cek Plagiasi

PROYEK AKHIR RISKY ARISANDI.docx

ORIGINALITY REPORT

14%
SIMILARITY INDEX

14%
INTERNET SOURCES

3%
PUBLICATIONS

4%
STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repository.polman-babel.ac.id Internet Source	12%
2	Submitted to Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung Student Paper	<1%
3	repository.its.ac.id Internet Source	<1%
4	repository.unibos.ac.id Internet Source	<1%

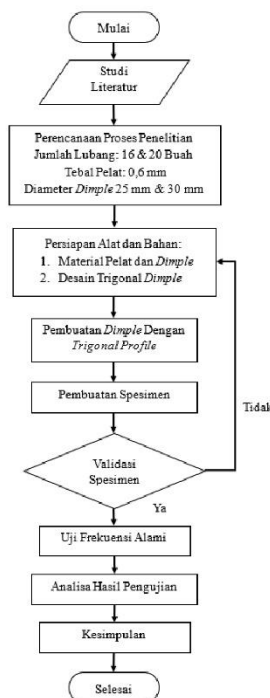
Lampiran 8 :

Poster

INVESTIGASI KEKAKUAN PADA PELAT BAJA LUNAK DENGAN PEMBENTUKAN METODE “DIMPLE DIES TRIANGLE PROFILE”



Metodologi Pelaksanaan



Latar Belakang :

Getaran berlebih pada pelat baja lunak, khususnya pada aplikasi otomotif, dapat diminimalkan dengan peningkatan kekakuan melalui metode pembentukan *Profile* pelat, yang efektif dalam meningkatkan frekuensi natural pelat dan mengurangi risiko resonansi.

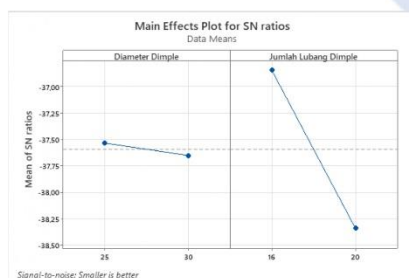


Kesimpulan :

Berdasarkan hasil analisis pengujian, dapat disimpulkan bahwa jumlah lubang dimple secara signifikan memengaruhi kekakuan pelat, sementara diameter dimple tidak berpengaruh berarti, dengan kombinasi optimal pada diameter 25 mm dan 16 lubang,



Tabel hasil pengolahan data berdasarkan design of eksperimen Taguchi L4 (2²)



eks	Diameter Dimple	Jumlah Lubang Dimple	Frekuensi (Hz)				Rata - rata
			1	2	3	Jumlah	
1	25 mm	16 buah	98,86	27,18	66,99	193,03	64,34
2	30 mm	16 buah	16,16	76,59	88,89	181,64	60,54
3	25 mm	20 buah	80,04	95,09	61,86	236,99	78,99
4	30 mm	20 buah	79,16	93,30	82,39	254,85	84,95
Rata - rata							72,20

Berdasarkan pada gambar grafik nilai rasio S/N, Faktor Jumlah Lubang Dimple memberikan pengaruh yang lebih signifikan terhadap rasio S/N dibandingkan Diameter Dimple, karena memiliki kemiringan garis yang lebih curam pada grafik.

Mahasiswa :

Risky Arisandi

Dosen Pembimbing 1 :

Erwanto, S.S.T., M.T.

Dosen Pembimbing 2 :

Harwadi, S.S.T., M.Ed.

PROYEK AKHIR TAHUN 2024/2025



POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI BANGKA BELITUNG