

## Rancang Bangun *Drill Jig* untuk Pembuatan Lubang *Locator*

Adinda Rahmah Shalihah<sup>1\*</sup>, Abdul Wahid Arohman<sup>1</sup>, Fadhil Fadhlurrohman Nurhadi<sup>1</sup>,  
Safril Safril<sup>1</sup>, Achmad Thoriq Pamungkas Sontodipoero<sup>1</sup>, Albani Alif Syahputra<sup>1</sup>,  
Al Kautsar Permana<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknologi Rekayasa Otomotif, Politeknik STMI Jakarta  
Jl. Letjen Suprpto No.26, Jakarta Pusat, Indonesia

<sup>2</sup> Faculty of Electrical and Electronics Engineering Technology, Universiti Malaysia Pahang Al-  
Sultan Abdullah

Universiti Malaysia, 26600 Pekan, Pahang, Malaysia

\*Penulis korespondensi; E-mail: [adindarahmah@stmi.ac.id](mailto:adindarahmah@stmi.ac.id)

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 21 Nov 2025

Revised 7 Sep 2026

Accepted 1 Oct 2026

Available online 30 Oct 2026

Communicated by Adinda

Rahmah Shalihah

**Keywords:** drill jig, locator,  
jig and fixture,  
manufacturing process, CAE.

### ABSTRACT

*Advances in manufacturing technology require accurate, consistent, and efficient drilling processes. Manual drilling of locator holes can cause positional deviations and rely on operator skill. This study aims to design, fabricate, and evaluate a drill jig to produce locator holes with diameters of 6, 8, and 10 mm while accommodating variations in workpiece position and thickness. The research stages included requirement identification, CAD-based design, drilling and clamping force calculations, CAE-based structural analysis, prototype fabrication, and experimental testing. The main structure was made of SS400 steel. Simulation results showed a maximum von Mises stress of 213.32 MPa, maximum displacement of 0.0691 mm, and minimum safety factor of 0.97. Experimental testing was conducted in five trials using a bench drill on an 18-mm-thick SS400 workpiece with a nominal hole diameter of Ø8 mm. Using the drill jig reduced average loading time from 43.20 s to 29.80 s, unloading time from 31.80 s to 22.00 s, and drilling time from 39.40 s to 31.00 s. Average cycle time decreased from 114.40 s to 82.80 s, representing a 27.6% reduction. The average hole diameter with the drill jig was 8.05 mm, closer to the nominal diameter than the 8.20 mm obtained without the jig.*

This is an open access article under the [CC BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) license



## PENDAHULUAN

Perkembangan industri manufaktur menuntut proses produksi yang semakin akurat, konsisten, dan efisien. Pada proses pemrosesan, kualitas hasil tidak hanya dipengaruhi oleh mesin dan alat potong, tetapi juga oleh sistem penempatan serta pencekaman benda kerja. *Jig* dan *fixture* berfungsi untuk memosisikan, menopang, dan menahan benda kerja agar tetap berada pada posisi yang ditentukan selama proses berlangsung [1]–[6]. Perkembangan penelitian saat ini menunjukkan bahwa desain *fixture* diarahkan pada peningkatan kekakuan, fleksibilitas, kemampuan rekonfigurasi, serta optimasi posisi *locator* dan *clamp* untuk meminimalkan kesalahan posisi dan deformasi benda kerja [7]–[12]. Perancangan *jig* dan *fixture* perlu mempertimbangkan geometri benda kerja, konfigurasi titik tumpu, gaya pencekaman, serta respons struktur terhadap pembebanan. Pemanfaatan CAD dan *computer-aided engineering* (CAE)

memungkinkan evaluasi kekuatan dilakukan sebelum prototipe dibuat melalui analisis tegangan, deformasi, dan faktor keamanan [10]–[15]. Pada proses pengeboran, aspek tersebut semakin penting karena mata bor menghasilkan gaya aksial (*drill thrust force*) dan torsi yang dipengaruhi oleh diameter mata bor, *feed*, geometri alat, serta karakteristik material [16]–[18]. Oleh karena itu, besarnya gaya pengeboran perlu diperhitungkan dalam menentukan sistem pencekaman dan kekuatan struktur *drill jig* agar benda kerja tidak bergeser atau mengalami penyimpangan pada posisi lubang.

Pengembangan *jig* dan *fixture* di Indonesia juga menunjukkan kontribusi terhadap peningkatan akurasi dan produktivitas dalam proses manufaktur. Tjiptady dkk. [22] mengembangkan kembali *jig* dan *fixture* pada proses pembuatan komponen *head cylinder*, sedangkan Syaifullah dan Permadi [23] mengembangkan *jig pre-drill* untuk mengurangi produk *reject*. Akmal dkk. [24] merancang *drilling jig* dengan *adjustable V-block* untuk pengeboran tangkai *drill chuck*, sementara Efendi dan Hasibuan [25] serta Indrawan dkk. [26] menunjukkan bahwa penerapan *fixture* dapat meningkatkan kemudahan dan efisiensi proses pemesinan. Penelitian lain juga mengembangkan *jig* untuk berbagai kebutuhan manufaktur dengan mempertimbangkan kemudahan produksi, produktivitas, ketepatan proses, dan fleksibilitas penggunaannya [24]–[35].

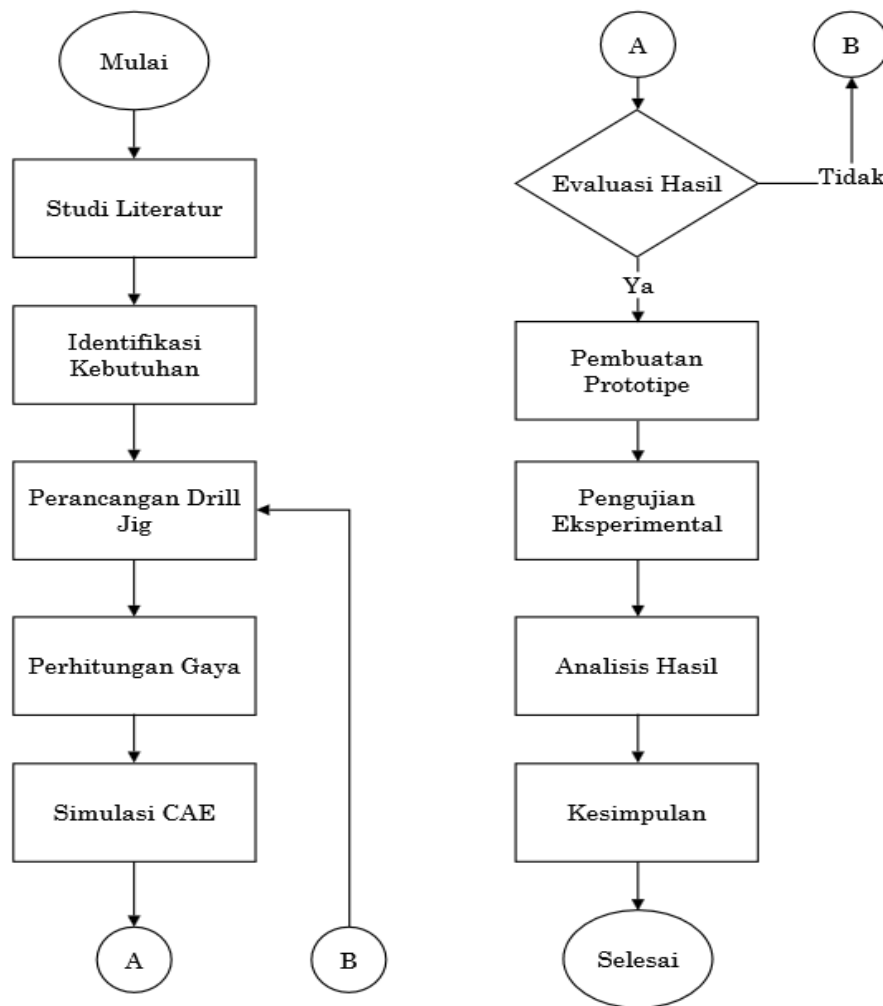
Pada penelitian rancang bangun, tahap perancangan perlu diikuti dengan analisis kekuatan, pembuatan prototipe, serta pengujian aktual. Kristiawan dkk. [36] menerapkan tahapan perancangan, perhitungan kekuatan, simulasi tegangan, pembuatan, dan pengujian pada pengembangan *adjustable handlebar*. Pendekatan serupa diterapkan Simanjuntak dkk. [37] melalui proses desain, manufaktur, penentuan parameter pengujian, dan evaluasi performa pada mesin pengering rotari. Hal tersebut menunjukkan bahwa keberhasilan suatu produk hasil rancang bangun tidak cukup dinilai dari model CAD atau simulasi, tetapi juga perlu diverifikasi melalui pengujian terhadap prototipe. Berbagai penelitian terdahulu telah membahas optimasi *locator*, sistem pencekaman, *flexible fixture*, penggunaan CAD/CAE, serta pengembangan *drilling jig* untuk komponen tertentu. Namun, masih terdapat ruang pengembangan untuk menghasilkan *drill jig* yang sederhana dan *compact*, mampu mengakomodasi beberapa ukuran lubang dalam satu perangkat, memiliki fleksibilitas terhadap posisi dan ketebalan benda kerja, serta dievaluasi secara terintegrasi melalui perhitungan gaya, simulasi struktural, pembuatan prototipe, dan pengujian aktual. Pendekatan tersebut diperlukan agar alat tidak hanya memenuhi aspek fungsional, tetapi juga memiliki dasar perancangan dan keamanan struktur yang dapat dipertanggungjawabkan.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang, membuat, dan mengevaluasi *drill jig* untuk pembuatan lubang pada komponen *locator*. Rancangan dikembangkan untuk mengakomodasi diameter pengeboran 6, 8, dan 10 mm, variasi posisi dan ketebalan benda kerja hingga 60 mm, serta penggunaan dengan *hand drill* maupun *bench drill*. Tahapan penelitian meliputi perancangan CAD, perhitungan gaya pengeboran dan pencekaman, analisis struktural menggunakan CAE, pembuatan prototipe, serta pengujian hasil pengeboran. Kontribusi penelitian ini terletak pada integrasi fleksibilitas ukuran pengeboran dengan evaluasi analitis, numerik, dan eksperimental dalam satu rancangan *drill jig* yang sederhana dan aplikatif untuk kebutuhan praktikum maupun produksi skala kecil.

## METODE

Metode penelitian pada studi rancang bangun *drill jig* ini disusun secara sistematis sesuai tahapan yang dapat dilihat pada Gambar 1. Proses penelitian diawali dengan studi literatur untuk memperoleh landasan teori terkait prinsip perancangan *jig and fixture*, karakteristik pengeboran, serta standar geometrik yang digunakan pada pembuatan *locator*. Tahap ini dilanjutkan dengan perumusan masalah berdasarkan temuan awal di lapangan, terutama terkait variasi kualitas hasil pengeboran manual serta kebutuhan peningkatan akurasi di lingkungan praktikum maupun produksi skala kecil. Setelah itu, tujuan penelitian ditetapkan sebagai dasar penyusunan arah dan batasan rancangan.

Tahap perancangan dimulai dengan mengumpulkan data empiris melalui observasi langsung di *workshop*. Data tersebut meliputi kondisi proses pengeboran, kebutuhan operator, jenis benda



Gambar 1. Tahapan penelitian

kerja, dan batasan teknis yang relevan. Berdasarkan data tersebut disusun beberapa alternatif konsep *drill jig*, kemudian dilakukan evaluasi awal melalui sketsa konsep dan simulasi sederhana untuk menilai keefektifan masing-masing desain. Pemilihan konsep dilakukan dengan mempertimbangkan aspek kestabilan penjepitan, kemudahan penggunaan, manufakturabilitas, serta biaya pembuatan.

Setelah konsep terbaik dipilih, dilakukan perancangan teknis menggunakan perangkat lunak CAD untuk menghasilkan model 3D lengkap beserta analisis interferensi, penetapan toleransi, dan konfigurasi *datum*. Material komponen ditentukan berdasarkan persyaratan kekuatan dan biaya. Dalam penelitian ini menggunakan material baja SS400 sebagai struktur utama dengan *material properties* yang dapat dilihat pada Tabel 1 [38]. Perhitungan toleransi dilakukan untuk memastikan seluruh fitur dapat diproduksi dengan akurasi tinggi dan dapat menjepit benda kerja secara cepat serta aman.

Tabel 1. Sifat mekanik dan fisik SS400

| Nama              |                                  | SS400                  |
|-------------------|----------------------------------|------------------------|
| General           | Densitas                         | 7,85 g/cm <sup>3</sup> |
|                   | Titik luluh                      | 400 MPa                |
|                   | <i>Ultimate tensile strength</i> | 530 MPa                |
|                   | Modulus elastisitas              | 205 GPa                |
| Stress            | <i>Poisson's Ratio</i>           | 0,3 ul                 |
| <u>Load Force</u> | Modulus geser                    | 78,85 GPa              |
|                   |                                  | 2270 N                 |

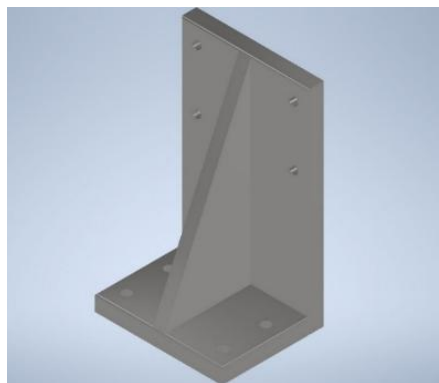
Tahap berikutnya adalah pembuatan prototipe *drill jig* melalui proses pemotongan, *machining* CNC, dan *finishing*. Prototipe kemudian diuji melalui simulasi pengeboran untuk menilai akurasi posisi lubang dan stabilitas operasi. Selain pengujian fisik, dilakukan pula analisis tegangan menggunakan perangkat lunak CAE dengan memberikan *constraint* pada *jig* dan pembebanan sebesar 2270 N pada komponen penjepit sesuai standar gaya penjepitan komponen Misumi [39]. Analisis ini bertujuan memastikan bahwa desain *jig* mampu menahan beban tanpa mengalami deformasi permanen ataupun kegagalan struktur.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Desain

Produk yang akan dilakukan *drill* yaitu *locator*. *Locator* sendiri merupakan bagian dari *jig* yang berfungsi sebagaiudukan *part*. Fungsi *locator*, diantaranya yaitu sebagai tempat untuk meletakkan benda kerja, memudahkan proses *loading* dan *unloading* benda kerja serta menjamin kondisi *fool proof*. Sedangkan prinsip-prinsip dasar dalam menempatkan *locator* adalah sebagai berikut:

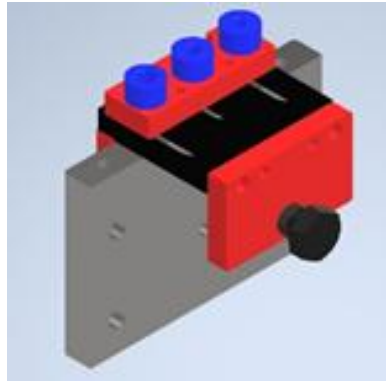
- 1) Kepala *locator* (*locator head*) harus bersentuhan langsung dengan benda kerja.
- 2) *Locator* harus mempunyai kemampuan repeatability (*tool* untuk menghasilkan keluaran proses yang seragam)
- 3) Penempatan *locator* harus mampu mencakup *tolerance* benda kerja (umumnya *toleransi tool* 20%-50%)
- 4) Penempatan *locator* berada dalam kondisi *fool proof* sehingga benda kerja dapat diposisikan dengan benar.
- 5) Menghilangkan duplikasi dari *locator* karena meningkatkan biaya dan ketidak-akuratan.



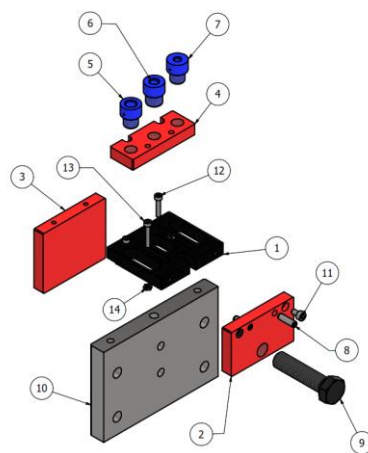
Gambar 2. *Locator*

Gambar dan dimensi produk bertujuan untuk mengetahui bentuk, dimensi serta spesifikasi material yang digunakan dalam membuat produk. Adapun *drawing* produk *locator* dapat dilihat dari Gambar 2. *Locator* dengan *part number* MJ-8H mempunyai panjang 125 mm, lebar 150 mm dan tinggi 250 mm. Produk *locator* terdiri dari 3 komponen penyusun, yaitu plat persegi dengan dimensi (150 x 102 x 18) mm, plat persegi panjang dengan dimensi (250 x 150 x 18) mm, dan plat segitiga dengan panjang (102 x 232) mm.

Desain *drill jig* secara keseluruhan ditampilkan pada Gambar 3 dan 4. Proses desain dibantu dengan *software* Autodesk Inventor yang memiliki kelebihan antara lain dapat membuat ukuran lubang yang berbeda, yaitu 6 mm, 8 mm, dan 10 mm. Kelebihan kedua adalah posisi benda kerja dapat digeser, dan ketebalannya dapat bervariasi. *Jig* dapat digunakan dengan *hand drill* maupun *bench drill*. Kelebihan terakhir adalah desain mempunyai ukuran *compact*, sehingga mudah dipindahkan. Sementara itu, desain ini juga memiliki kekurangan antara lain Geometri benda kerja terbatas hanya untuk benda berupa besi plat dengan ketebalan maksimal 60 mm. Kekurangan yang kedua adalah benda kerja berupa silindris tidak dapat menggunakan *drill jig* ini. Kekurangan berikutnya adalah *drill jig* perlu diletakkan pada meja kerja.



Gambar 3. Desain *drill jig*



- |                                 |                                 |
|---------------------------------|---------------------------------|
| 1. <i>Body slot</i>             | 8. <i>Dowell pin</i>            |
| 2. <i>Body left</i>             | 9. Baut m16                     |
| 3. <i>Body right</i>            | 10. <i>Locator plat persegi</i> |
| 4. <i>Bushing body</i>          | 11. Baut M5x8                   |
| 5. <i>Drill bushing M 10 mm</i> | 12. Baut M4x20                  |
| 6. <i>Drill bushing M 8 mm</i>  | 13. Baut M4x25                  |
| 7. <i>Drill bushing M 6 mm</i>  | 14. Mur M4                      |

Gambar 4. *Explode view dari assembly drill jig*

## Perhitungan

Hal yang perlu diperhitungkan pertama kali adalah gaya eksternal baut yang bekerja, yaitu *drill thrust force* (persamaan 1). Diameter mata bor ( $d$ ) yang digunakan pada penelitian ini berjumlah tiga, yaitu diameter 6 mm, 8 mm, dan 10 mm. *Feed per revolution* ( $f$ ) yang digunakan sebesar 0,2 mm/rev.  $K_x$  diambil dari penelitian Akmal [24].

$$F_T = K_x \times f^{0,8} \times d^{0,8} + d^2 \quad (1)$$

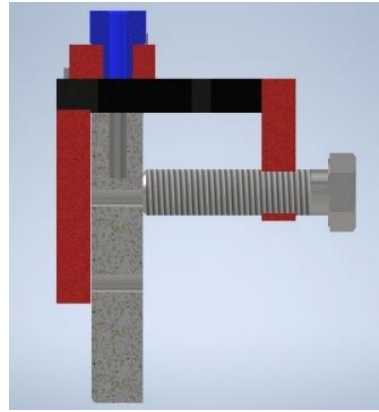
Selanjutnya, dilakukan perhitungan torsi ( $T$ ) sesuai persamaan 2.

$$T = 500 \times f^{0,8} \times d^{1,8} \quad (2)$$

Dengan *drill thrust force* yang dihasilkan sebesar 2049,23 N, diameter baut pengecam dapat dicari dengan asumsi baut berbahan baja dengan *grade* 8.8, sehingga tegangan tariknya ( $\bar{\sigma}_t$ ) adalah 1040 MPa dan angka keselamatan ( $S_f$ ) yang dipakai adalah 8. Jika jumlah baut pengecam ( $n$ ) ada 1, maka diameter minimum baut pengecam dapat dicari menggunakan persamaan (3).

$$F_T = \frac{\pi}{4 \times S_f} \times d_c^2 \times \bar{\sigma}_t \times n \quad (3)$$

Diameter minimum baut pengecam masing-masing adalah M5 jika menggunakan *drill bushing* M6, sedangkan dalam desain *jig drill* digunakan baut M16 untuk mencekam. Sehingga pemilihan baut sudah sesuai dan aman.



Gambar 5. Tampak samping proses pengecaman

Tabel 2. Perhitungan tiap ukuran *drill bush*

| Diameter <i>drill bush</i> (mm) | 6       | 8       | 10      |
|---------------------------------|---------|---------|---------|
| $F_T(N)$                        | 2049,23 | 2598,23 | 3129,52 |
| $T(N)$                          | 3471,09 | 5825,81 | 8705,51 |
| $d_c(mm)$                       | 4,48    | 5,05    | 5,54    |

Diameter pengecam ( $d_p$ ) yang didesain adalah M16 ( $d_p = 14,8\text{ mm}$ ) dengan torsi pengencangan baut ( $T_{\text{baut}}$ ) menggunakan tangan kosong diasumsikan 40 N.m, maka gaya pengecaman dapat dihitung menggunakan persamaan (4).

$$F_{\text{cekam}} = T_{\text{baut}} \times \frac{2}{d_p} \quad (4)$$

Setiap ukuran *drill bush* 6 mm, 8 mm, dan 10 mm, dilakukan tahapan perhitungan seperti diatas. Tabel 2 menunjukkan hasil perhitungan seluruhnya.

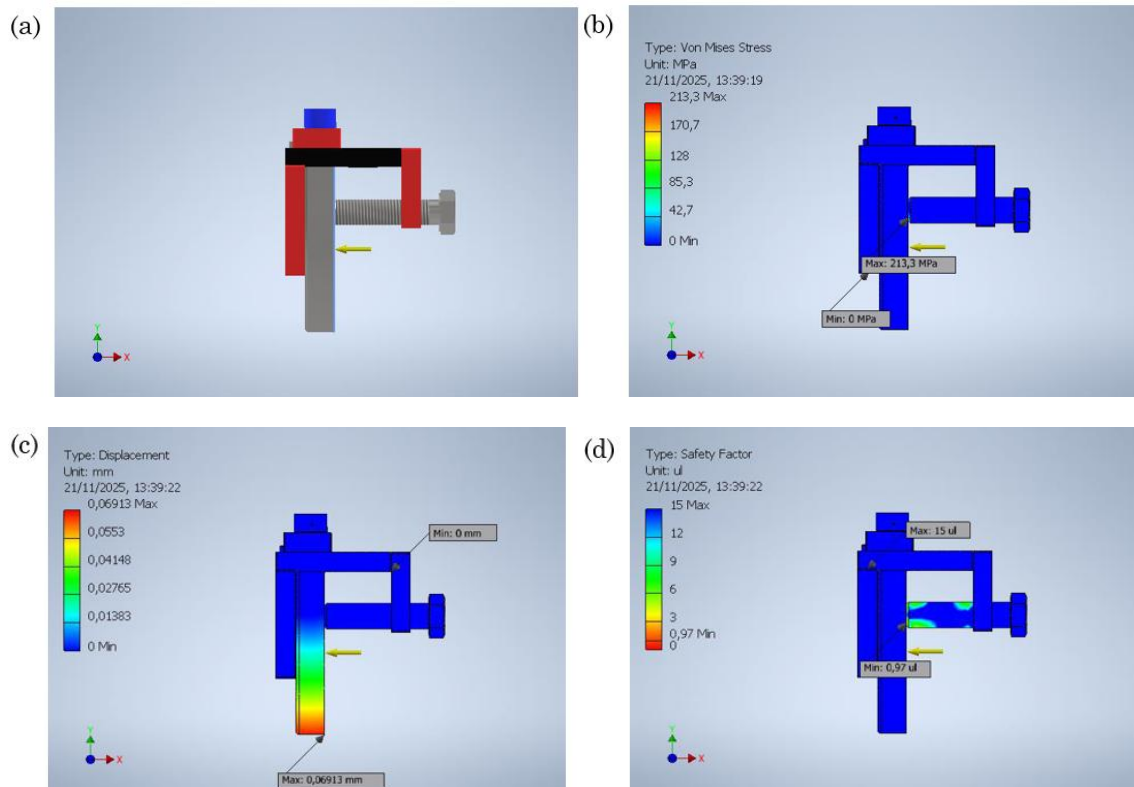
### Hasil Simulasi

Simulasi yang dilakukan pada desain *drill jig* adalah analisis tegangan menggunakan perangkat lunak CAE dengan memberikan *fixed constraint* pada *jig* dan pembebanan sebesar 2270 N pada komponen penjepit sesuai standar gaya penjepitan komponen Misumi [40] dengan volume sebesar 473578 mm<sup>3</sup> dan massa sebesar 3,76 kg. Analisis ini bertujuan memastikan bahwa desain *jig* mampu menahan beban tanpa mengalami deformasi permanen ataupun kegagalan struktur.

Titik tumpu diletakkan pada permukaan *part Body Left* diasumsikan tidak bergerak ketika dilakukan proses *clamping*. Sedangkan titik pembebanan diletakkan pada permukaan benda kerja yang langsung menyentuh baut M16 untuk proses penjepitan.



Gambar 6. Ilustrasi *setup* simulasi CAE; (a) Titik tumpu simulasi, (b) Titik gaya penekanan



Gambar 7. Simulasi CAE pada *drill jig*; (a) Salah satu plat *locator* dijepit dengan baut penjepit dari arah sumbu X, (b) Hasil *stress analysis* pada *drill jig*, (c) Hasil *displacement* pada *drill jig*, (d) Hasil *safety factor* pada *drill jig*.

Tabel 3. Hasil analisis CAE *drill jig*

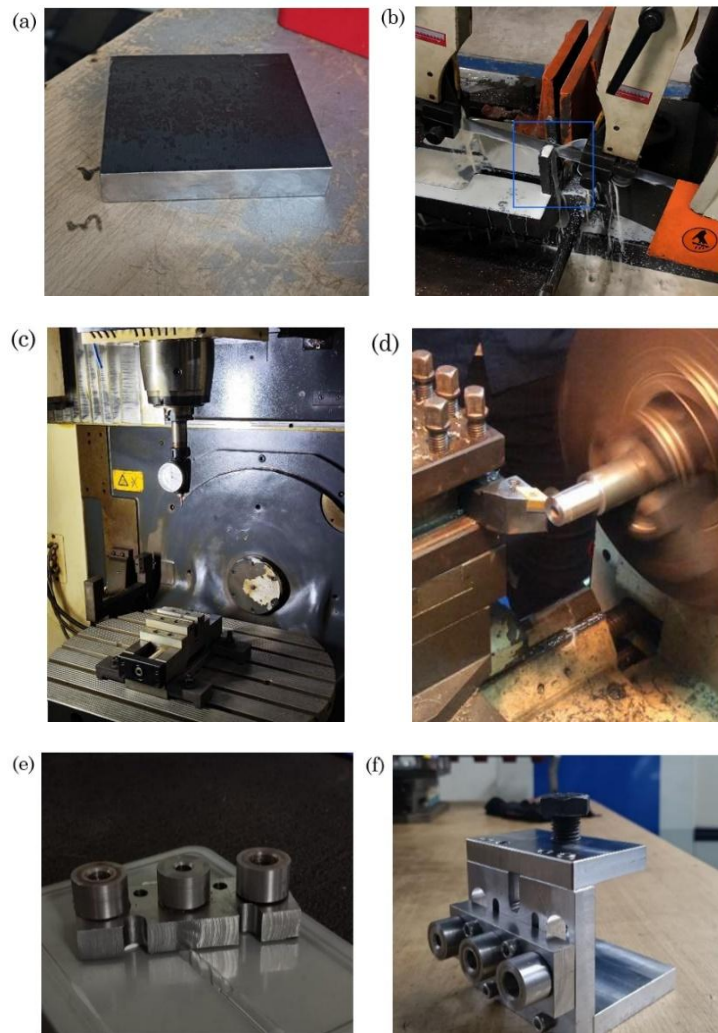
| Parameter               | Minimum                   | Maximum                  |
|-------------------------|---------------------------|--------------------------|
| <i>Von Mises Stress</i> | $1,22 \times 10^{-5}$ MPa | 213,32 MPa               |
| <i>Displacement</i>     | 0 mm                      | $6,91 \times 10^{-2}$ mm |
| <i>Safety Factor</i>    | 0,97 ul                   | 15 ul                    |

Hasil analisis menunjukkan bahwa tegangan maksimum pada *jig* adalah 213,316 MPa, berada jauh di bawah *yield strength* material SS400 sebesar 400 MPa. Nilai *safety factor* minimum tercatat 0,97 yang berada dibawah standar minimal 1,5. Namun, pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa nilai tersebut hanya terdapat pada ujung baut penjepit, sehingga tidak berpengaruh secara keseluruhan pada proses penjepitan. Jika pada tahap pengujian terdapat ketidaksesuaian, rancangan dikembalikan ke tahap desain untuk dilakukan iterasi hingga diperoleh performa yang optimal. Setelah semua tahapan terpenuhi, penelitian dinyatakan selesai dan desain *drill jig* dianggap layak untuk diimplementasikan pada proses pembuatan lubang *locator*.

### Pembuatan Prototipe *Drill Jig*

Setelah rancangan dinyatakan dapat dilanjutkan berdasarkan evaluasi desain dan simulasi, tahap berikutnya adalah pembuatan prototipe (Gambar 8). Material utama yang digunakan adalah baja SS400. Tahap pembuatan diawali dengan penyiapan dan pemotongan material sesuai dimensi awal masing-masing komponen.

Material hasil pemotongan selanjutnya menjalani proses pemesinan untuk memperoleh dimensi dan bentuk sesuai gambar kerja. Komponen yang memerlukan ketelitian lebih tinggi, terutama *body*, posisi lubang,udukan *drill bushing*, dan sistem pengatur posisi, diproses menggunakan mesin CNC. Lubang pemasangan kemudian dibuat sesuai ukuran baut dan *dowel pin*, sedangkan bagianudukan *drill bushing* dikerjakan agar posisi sumbu *bushing* sesuai dengan sumbu



Gambar 8. Tahapan pembuatan prototipe *drill jig*: (a) persiapan material, (b) pemotongan material, (c) proses pemesinan komponen, (d) pembuatan lubang dan dudukan *bushing*, (e) proses perakitan, dan (f) prototipe *drill jig* setelah proses *finishing*

pengeboran yang direncanakan. Setelah seluruh komponen selesai dikerjakan, dilakukan proses *deburring* dan *finishing* untuk menghilangkan sisi tajam dan memperbaiki kualitas permukaan. Tahap berikutnya adalah perakitan komponen. *Body left* dan *body right* dipasang pada *body slot*, kemudian *bushing body*, *drill bushing*, baut pencekam, *dowel pin*, dan komponen pengikat dipasang sesuai konfigurasi pada model CAD. Setelah perakitan, dilakukan pemeriksaan fungsi gerak komponen, kesesuaian posisi *drill bushing*, serta kemampuan mekanisme penjepit dalam mempertahankan posisi benda kerja.

### Pengujian Prototipe

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi performa *drill jig* pada kondisi pengeboran aktual dengan membandingkannya dengan metode pengeboran tanpa menggunakan *drill jig*. Meskipun rancangan *drill jig* dapat mengakomodasi tiga diameter lubang, yaitu 6, 8, dan 10 mm, pengujian kuantitatif dalam penelitian ini difokuskan pada konfigurasi diameter lubang Ø8 mm. Pengujian dilakukan sebanyak lima kali pengulangan menggunakan benda kerja SS400 dengan ketebalan 18 mm. Parameter yang diukur meliputi waktu *loading* benda kerja, *unloading* benda kerja, *drilling*, dan *cycle time*. Pengukuran dilakukan pada metode tanpa *drill jig* dan dengan menggunakan *drill jig* untuk membandingkan perubahan waktu proses secara kuantitatif. Selain pengukuran waktu proses, dilakukan pula pengukuran diameter lubang hasil pengeboran untuk mengevaluasi kesesuaian hasil menggunakan *vernier caliper*. Hasil pengukuran waktu proses disajikan pada Tabel 4, sedangkan hasil pengukuran diameter lubang disajikan pada Tabel 5.

Tabel 4. Perbandingan waktu proses pengeboran tanpa dan menggunakan *drill jig*

| Trial  | Loading Part (s)       |                         | Unloading Part (s)     |                         | Drilling (s)           |                         | Cycle Time (s)         |                         |
|--------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
|        | Tanpa <i>drill jig</i> | Dengan <i>drill jig</i> | Tanpa <i>drill jig</i> | Dengan <i>drill jig</i> | Tanpa <i>drill jig</i> | Dengan <i>drill jig</i> | Tanpa <i>drill jig</i> | Dengan <i>drill jig</i> |
| 1      | 42                     | 30                      | 31                     | 22                      | 38                     | 31                      | 111                    | 83                      |
| 2      | 43                     | 29                      | 32                     | 21                      | 39                     | 32                      | 114                    | 82                      |
| 3      | 44                     | 31                      | 33                     | 22                      | 40                     | 30                      | 117                    | 83                      |
| 4      | 42                     | 30                      | 31                     | 23                      | 39                     | 31                      | 112                    | 84                      |
| 5      | 45                     | 29                      | 32                     | 22                      | 41                     | 31                      | 118                    | 82                      |
| Rerata | 43,2                   | 29,8                    | 31,8                   | 22                      | 39,4                   | 31                      | 114,4                  | 82,8                    |

Gambar 9(a) menunjukkan perbandingan waktu *loading* antara proses pengeboran tanpa *drill jig* dan dengan *drill jig* selama lima kali pengujian. Pada metode tanpa *jig*, waktu *loading* berada pada rentang 42–45 detik, sedangkan penggunaan *drill jig* menghasilkan waktu *loading* sebesar 29–31 detik. Rata-rata waktu *loading* menurun dari 43,20 detik pada metode tanpa *jig* menjadi 29,80 detik dengan penggunaan *jig*. Penurunan waktu tersebut menunjukkan bahwa sistem *locator* pada *drill jig* dapat membantu menentukan posisi benda kerja secara lebih terarah sehingga waktu yang diperlukan untuk memposisikan benda kerja sebelum pengeboran menjadi lebih singkat.

Gambar 9(b) menunjukkan perbandingan waktu *unloading part*. Pada metode tanpa *jig*, waktu *unloading* berada pada rentang 31–33 detik, sedangkan dengan *drill jig* berada pada rentang 21–23 detik. Rata-rata waktu *unloading* berkurang dari 31,80 detik menjadi 22,00 detik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa mekanisme *jig* membantu proses pelepasan benda kerja setelah pengeboran sehingga waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu siklus proses menjadi lebih singkat. Konsistensi perbedaan waktu pada kelima *trial* juga menunjukkan bahwa pengurangan waktu *unloading* tidak hanya terjadi pada satu pengujian, tetapi juga diperoleh secara berulang.

Gambar 9(c) menunjukkan hasil pengukuran waktu *drilling* pada lima kali pengujian. Tanpa penggunaan *jig*, waktu pengeboran berada pada rentang 38–41 detik dengan rata-rata 39,40 detik. Sementara itu, penggunaan *drill jig* menghasilkan waktu pengeboran sebesar 30–32 detik dengan rata-rata 31,00 detik. Dengan demikian, terjadi penurunan rata-rata waktu pengeboran sebesar 8,40 detik. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa penggunaan *drill jig* membantu menjaga posisi benda kerja dan mengarahkan mata bor melalui *drill bushing*, sehingga proses pengeboran dapat dilakukan dengan waktu yang lebih konsisten.

Gambar 9(d) memperlihatkan perbandingan *cycle time* yang merupakan akumulasi waktu *loading part*, *unloading part*, dan *drilling*. Pada metode tanpa *jig*, *cycle time* berada pada rentang 111–118 detik, sedangkan dengan penggunaan *drill jig* berada pada rentang 82–84 detik. Rata-rata *cycle time* berkurang dari 114,40 detik menjadi 82,80 detik, atau mengalami penurunan sebesar 27,6%. Seluruh *trial* menunjukkan bahwa *cycle time* dengan *drill jig* lebih rendah dibandingkan dengan metode tanpa *jig*. Hasil ini menunjukkan bahwa penerapan *drill jig* secara konsisten mengurangi waktu pada keseluruhan rangkaian proses, terutama melalui pengurangan waktu *loading*, *unloading*, dan pengeboran.

Tabel 5. Perbandingan pengukuran diameter lubang pengeboran tanpa dan menggunakan *drill jig*

| Trial  | Tanpa <i>drill jig</i> |              | Dengan <i>drill jig</i> |              |
|--------|------------------------|--------------|-------------------------|--------------|
|        | Diameter (mm)          | Deviasi (mm) | Diameter (mm)           | Deviasi (mm) |
| 1      | 8,18                   | +0,18        | 8,05                    | +0,05        |
| 2      | 8,21                   | +0,21        | 8,06                    | +0,06        |
| 3      | 8,19                   | +0,19        | 8,05                    | +0,05        |
| 4      | 8,22                   | +0,22        | 8,04                    | +0,04        |
| 5      | 8,20                   | +0,20        | 8,05                    | +0,05        |
| Rerata | 8,20                   | +0,20        | 8,05                    | +0,05        |

Berdasarkan Tabel 5, rata-rata diameter lubang yang dihasilkan tanpa *drill jig* adalah 8,20 mm, sedangkan penggunaan *drill jig* menghasilkan rata-rata diameter sebesar 8,05 mm. Jika dibandingkan dengan diameter nominal Ø8 mm, penyimpangan rata-rata diameter berkurang dari 0,20 mm tanpa *jig* menjadi 0,05 mm dengan *jig*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan *drill jig* membantu menghasilkan diameter lubang yang lebih sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan.

## KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang, membuat, dan menguji prototipe *drill jig* untuk pembuatan lubang *locator*. Rancangan mampu mengakomodasi tiga diameter pengeboran, yaitu 6, 8, dan 10 mm, serta memungkinkan penyesuaian posisi dan ketebalan benda kerja hingga 60 mm. *Drill jig* dapat digunakan dengan *hand drill* maupun *bench drill* sehingga memiliki fleksibilitas penggunaan pada kegiatan praktikum dan produksi skala kecil. Hasil analisis CAE menunjukkan tegangan von Mises maksimum sebesar 213,32 MPa, lebih rendah dari yield strength SS400 sebesar 400 MPa, dengan *displacement* maksimum sebesar 0,0691 mm. Namun, faktor keamanan minimum sebesar 0,97 yang terlokalisasi pada ujung baut penjepit menunjukkan adanya area kritis yang masih memerlukan evaluasi dan penyempurnaan desain. Pengujian prototipe menunjukkan bahwa penggunaan *drill jig* mempermudah proses *loading-unloading* dan pencekaman benda kerja, mempertahankan posisi benda kerja selama pengeboran, serta menghasilkan proses yang relatif lebih cepat dan lebih konsisten dibandingkan dengan pengeboran tanpa *jig*. Keterbatasan rancangan terdapat pada geometri benda kerja yang masih terbatas pada bentuk plat dan kebutuhan penempatan *jig* pada meja kerja. Pengembangan selanjutnya diarahkan pada perbaikan area kritis sistem pencekaman, perluasan variasi geometri benda kerja, serta pengujian kuantitatif terhadap waktu proses dan penyimpangan posisi lubang.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Fiedler *et al.*, “Jigs and Fixtures in Production: A Systematic Literature Review,” *Journal of Manufacturing System*, vol. 72, pp. 373–405, 2024, <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2023.10.006>.
- [2] H. C. Möhring, D. Biermann, F. Bleicher, S. Melkote, and G. Kappmeyer, “Fixtures and workpiece clamping systems in machining,” *CIRP Annals*, vol. 74, no. 2, pp. 945–969, 2025, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2025.04.096>.
- [3] H. Liu, C. Wang, T. Li, Q. Bo, K. Liu, and Y. Wang, “Fixturing technology and system for thin-walled parts machining: a review,” *Frontiers of Mechanical Engineering*, vol. 17, no. 4, Article 55, 2023, doi: 10.1007/s11465-022-0711-5.
- [4] C. Liu, J. Wang, B. Zhou, J. Yu, Y. Zheng, and J. Liu, “Development of Fixture Layout Optimization for Thin-Walled Parts: A Review,” *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, vol. 37, no. 1, Article 17, 2024, doi: 10.1186/s10033-024-01004-w.
- [5] J. A. M. Peer and R. Journal, “A Review on Jig Manufacturing Techniques,” *JournalNX*, vol. 10, no. 11, pp. 43–48, 2024.
- [6] A. Faizin, H. Wicaksono, and N. P. Sari, “Design and Analysis of Pneumatic Drilling Fixture Using A Microcontroller-Based Control System BT ”, *Proceedings of the 2022 Annual Technology, Applied Science and Engineering Conference (ATASEC 2022)*, Malang, Indonesia, 2022, doi: 10.2991/978-94-6463-106-7\_16.
- [7] D. Wu, H. Wang, L. Huang, and Y. Wang, “Computer Aided Machining Fixture Design Algorithm and Software Based on Case Learning for Near-Net-Shaped Jet Engine Blade,” *Journal of Manufacturing Processes*, vol. 69, pp. 545–555, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2021.07.057>.
- [8] H. Wang, K. Zhang, D. Wu, T. Yu, J. Yu, and Y. Liao, “Analysis and Optimization of The Machining Fixture System Stiffness for Near-Net-Shaped Aero-Engine Blade,” *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 113, no. 11, pp. 3509–3523, 2021, doi: 10.1007/s00170-021-06730-2.
- [9] S. U. Butt, M. Arshad, A. A. Baqai, H. A. Saeed, N. A. Din, and R. A. Khan, “Locator Placement Optimization for Minimum Part Positioning Error During Machining Operation Using

- Genetic Algorithm,” *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, vol. 22, no. 5, pp. 813–829, 2021, doi: 10.1007/s12541-021-00500-6.
- [10] Q. Feng, W. Maier, T. Stehle, and H. C. Möhring, “Optimization of A Clamping Concept Based on Machine Learning,” *Production Engineering*, vol. 16, no. 1, pp. 9–22, 2022, doi: 10.1007/s11740-021-01073-z.
- [11] M. R. C. Qazani, H. Parvaz, and S. Pedrammehr, “Optimization of Fixture Locating Layout Design Using Comprehensive Optimized Machine Learning,” *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 122, no. 5, pp. 2701–2717, 2022, doi: 10.1007/s00170-022-10061-1.
- [12] N. A. Said *et al.*, “Design and Fabrication of Jig and Fixture for Drilling Machine in the Manufacturing Industry to Improve Time Productivity,” *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*, vol. 29, no. 2 SE-Articles, pp. 304–313, 2023, doi: 10.37934/araset.29.2.304313.
- [13] G. Ding, Y. Wang, S. Yuan, L. Lin, and Z. Zhao, “Research on Rapid and Accurate Fixture Design for Non-Intervention Machining of Complex Parts,” *Metals* 2022, vol. 12, no. 7, Article 11742022, doi: 10.3390/met12071174.
- [14] V. Ivanov *et al.*, “Development of Flexible Fixtures with Incomplete Locating: Connecting Rods Machining Case Study,” vol. 10, no. 7, Article 493, 2022. doi: 10.3390/machines10070493.
- [15] S. Subramanian, A. K M, and P. Praveen, “Optimization of Machining Fixture Layout for Thin Walled Component using DoE and FEM,” *Journal of Applied Research and Technology*, vol. 21, no. 4, pp. 552–559, Aug. 2023, doi: 10.22201/icat.24486736e.2023.21.4.1398.
- [16] S. A. Haseeb *et al.*, “Fixture Layout Optimization of Sheet Metals by Integrating Topology Optimization into Genetic Algorithm,” vol. 13, no.7, Article 4395, 2023. doi: 10.3390/app13074395.
- [17] A. R. Shalihah and G. Kiswanto, “Preliminary Design of 2D Ultrasonic Vibration Assisted Micro-milling (UVAMM) Using Piezoelectric Stack Actuator,” in *Advances in Automation, Mechanical and Design Engineering*, Cham: Springer Nature Switzerland, 2023, pp. 269–276.
- [18] M. Sohrabifard and M. Nategh, “Investigation of the stability and contact stiffness of workpiece inside fixture in different machining conditions,” *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, vol. 237, no. 20, pp. 4739–4758, 2023, doi: 10.1177/09544062231153749.
- [19] L. Ma, Z. Ma, H. Yu, S. Li, M. Pang, and Z. Wang, “Experimental Investigation of Thrust Force in the Drilling of Titanium Alloy Using Different Machining Techniques,” vol. 12, no. 11, Article 1905, 2022. doi: 10.3390/met12111905.
- [20] K. Malik, F. Ahmad, W. Keong, and E. Gunister, “The Effects of Drilling Parameters on Thrust Force, Temperature and Hole Quality of Glass Fiber Reinforced Polymer Composites,” *Polymers and Polymer Composites*, vol. 30, no. 6, Article 096739112211311, 2022, doi: 10.1177/0967391122113113.
- [21] Ç. Bolat *et al.*, “Effect of Drilling Parameters and Tool Geometry on the Thrust Force and Surface Roughness of Aerospace Grade Laminate Composites,” *Micromachines*, vol. 14, no. 7, Article 1427, 2023. doi: 10.3390/mi14071427.
- [22] B. Tjiptady, R. Rahman, R. Meditama, and G. Widayana, “Jig and Fixture Redesign for Making Reamer on Head Cylinder,” *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, vol. 9, pp. 32–41, 2021, doi: 10.23887/jptm.v9i1.32597.
- [23] H. Syaifullah and F. H. Permadi, “Pembuatan Jig Proses Pre Drill Model B74 Guna Menurunkan Reject Concentric Pada Lini Produksi Pengecoran Outer Tube di PT. Kayaba Indonesia,” *Technologic*, vol. 12, no. 2, 2022.
- [24] I. Akmal, H. Hamdi, and D. Yuhas, “Perancangan Drilling Jig dengan Adjustable V-Block untuk Pengeboran Tangkai Drill Chuck Mesin Bor Koordinat 22 STA,” *Jurnal Mekanik Terapan*, vol. 3, no. 1, pp. 26–33, 2022, doi: 10.32722/jmt.v3i1.4546.
- [25] A. Efendi and R. P. Hasibuan, “Perancangan Fixture In Jig Sebagai Alat Bantu Proses Produksi Casebase di PT. Team Metal Indonesia,” *Comput. Sci. Ind. Eng.*, vol. 6, no. 1 SE-Articles, pp. 1–10, Jan. 2022.
- [26] R. Indrawan *et al.*, “Rancang Bangun Jig And Fixture Suction Casing Untuk Proses Milling Di Mesin Cnc Milling 3-Axis,” *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, vol. 10, no. 2, pp. 212–220, 2022.
- [27] R. Nanda, K. Karyadi, and M. Rizki, “Perancangan dan Pembuatan JIG FOG Lamp Mobil Dengan Material Aluminium,” *Jurnal Mekanik Terapan*, vol. 4, no. 1, pp. 9–14, 2023, doi:

- 10.32722/jmt.v4i1.5609.
- [28] M. Alqodri and G. Sirait, "Perancangan Jig Proses Drilling di PT Duo Work Engineering," *Jurnal Comasie*, vol. 9, no. 5, pp. 694–702, 2023, doi: 10.33884/comasiejournal.v9i5.7803.
  - [29] R. Ferdian, B. Basuki, L. D. Setyana, and A. Hendaryanto, "Perancangan Fixture Pada Proses Finishing Gerinda Tangan Sebagai Peningkatan Produktivitas Produk Spindle Knuckle D40 L di PT Manggala Perkasa Engineering," *Jurnal Mekanik Terapan*, vol. 5, no. 1, pp. 25–33, 2024, doi: 10.32722/jmt.v5i1.6302.
  - [30] H. Rizka, M. Matahelumual, M. T. N. Ramadhan, and G. Heryana, "Redesain Alat Pencekam Plat dalam Konteks Jig and Fixture Pada Proses Pengelasan di Meja Kerja," *Jurnal Mekanik Terapan*, vol. 5, no. 2, pp. 113–120, 2024, doi: 10.32722/jmt.v5i2.6545.
  - [31] S. P. Purbaningrum, A. Muttaqin, F. Sumasto, and E. S. Solih, "Perancangan Jig Machining untuk Perbaikan Electroda ST-03," *J. Serambi Eng.*, no. Vol. 9 No. 2 (2024): April 2024, pp. 8575–8581, 2024.
  - [32] S. P. Purbaningrum, J. Johannes, F. Imansuri, D. Salati, and E. S. Solih, "Implementasi Jig Welding Untuk Meningkatkan Efisiensi Pengelasan Frame Base," *Journal of Community Services in Sustainability*, vol. 2, no. 1, pp. 55–64, 2023, doi: 10.52330/jocss.v2i1.277.
  - [33] H. Hibaitulah, K. Karyadi, D. Mulyadi, A. Amir, A. Supriyanto, and R. Aulia Nanda, "Optimasi Desain Jig Untuk Check Hole Pada Komponen Dudukan Shockbreaker Mobil," *Jurnal Mekanik Terapan*, vol. 6, no. 3, pp. 134–142, 2025, doi: 10.32722/jmt.v6i3.7848.
  - [34] S. O. Eridheni, J. N. R. Suprihartini, and Y. T. J. Wibowo, "Rancang Bangun Fixture Untuk Meningkatkan Kapasitas Produksi Proses Sprue Cutting pada Axle Bracket di PT. XYZ," *Technologic*, vol. 16, no. 2, 2025, doi: 10.52453/technologic.v16i2.500.
  - [35] M. Rahmi, N. A. Putri, and A. Robiyana, "Perancangan Drilling Jig Fixture untuk Flange Drum Spinner di PT. Melu Bangun Wiweka," *Jurnal Teknol. dan Rekayasa Manufaktur*, vol. 8, no. 1, pp. 11–24, 2026.
  - [36] D. O. Kristiawan, Y. Y. Tanoto, I. H. Siahaan, and N. Naldi, "Perancangan Adjustable Handlebar untuk Sepeda Motor dengan Dua Sistem Pengaturan," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 18, no. 2, pp. 33–38, 2021, doi: 10.9744/jtm.18.2.33-38.
  - [37] M. Simanjuntak *et al.*, "Rancang Bangun dan Pengujian Mesin Pengering Rotari dengan Pemanas dan Penggerak Tenaga Surya pada Pengeringan Jamur Tiram," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 20, no. 2, pp. 31–38, 2023, doi: 10.9744/jtm.20.2.31-38.
  - [38] E. S. Solih, S. P. Purbaningrum, F. F. Nurhadi, D. Agustin, and W. Fauzi, *Dasar Dasar Ilmu Bahan dalam Dies Stamping dan Mold*. Eureka Media Aksara, 2025.
  - [39] E. Solih, V. Hayoto, S. Purbaningrum, F. Sumasto, and D. Agustin, "Perancangan Hydraulic System Dalam Rangka Mendukung Dies Clamping Pada Mesin Press Seyi SN2-300 di PT Ganding Toolsindo," *Jurnal Serambi Engineering*, vol. 8, no. 4, pp. 7387–7293, 2023, doi: 10.32672/jse.v8i4.6888.
  - [40] E. S. Solih, V. Hayoto, and S. P. Purbaningrum, "Perancangan Hydraulic System Dalam Rangka Mendukung Dies Clamping Pada Mesin Press Seyi SN2-300 di PT Ganding Toolsindo," *Jurnal Serambi Engineering*, vol. 8, no. 4, pp. 7387–7393, doi:10.32672/jse.v8i4.6888, 2023.

