

# Perancangan *Keyway Slotting Machine* Untuk Lebar Alur Pasak 4mm - 10mm dan Kedalaman 1,2mm – 2,4mm Menggunakan Metode TRIZ

El Nathan Sitompul<sup>1</sup>, Heri Widiatoro<sup>2</sup>

<sup>1</sup><sup>2</sup>Program Studi Teknik Perancangan dan Konstruksi Mesin, Politeknik Negeri Bandung  
Jl. Gegerkalong Hilir Ds Ciwaruga Bandung 40012  
<sup>2</sup>Email korespondensi: heri.widiatoro@polban.ac.id

## Abstrak

Pasak menjadi komponen kritis dalam aplikasi mekanis sistem transmisi untuk meneruskan daya dan torsi dari poros ke hub-nya. Pembuatan alur pasak internal yang tepat menjadi sangat penting untuk memastikan koneksi yang kuat dan dapat diandalkan. Tidak tersedianya peralatan yang cocok untuk membuat alur pasak internal menjadi hambatan dalam praktikum. Dengan menggunakan kombinasi pendekatan TRIZ dan metodologi perancangan Pahl & Beitz, proses perancangan menghasilkan konsep-konsep inovatif untuk diintegrasikan menjadi konsep rancangan terpilih. Spesifikasi desain akhir mencakup kapasitas cekam maksimum  $\varnothing 100\text{mm}$ , diameter dalam hub minimal  $\varnothing 10\text{mm}$ , lebar alur antara 4mm hingga 10mm, dan kedalaman alur antara 1,2mm hingga 2,4mm sesuai dengan standar DIN 6885. Selain itu, implementasi kontrol kecepatan dan sistem darurat otomatis meningkatkan keamanan operasional dalam kondisi abnormal.

**Kata kunci:** pasak, internal, perancangan, spesifikasi.

## Abstract

Key is a critical component in mechanical applications of transmission systems to transfer power and torque from the shaft to its hub. The precise creation of the internal keyway is crucial to ensure a strong and reliable connection. The lack of suitable equipment for making internal keyways poses a barrier in practical applications. By utilizing a combination of TRIZ approaches and the Pahl & Beitz design methodology, the design process generates innovative concepts to be integrated into the selected design concept. The final design specifications include a maximum clamping capacity of  $\varnothing 100\text{mm}$ , a minimum inner hub diameter of  $\varnothing 10\text{mm}$ , groove width ranging from 4mm to 10mm, and groove depth from 1.2mm to 2.4mm in accordance with DIN 6885 standards. Additionally, the implementation of speed control and automatic emergency systems enhances operational safety in abnormal conditions.

**Keywords:** key, internal, design, specification.

## 1. Pendahuluan

Pasak adalah komponen mesin yang ditempatkan pada antarmuka antara poros dan bagian *hub* dari elemen pengirim daya dengan tujuan untuk mentransmisikan torsi [1]. Pasak sebagai komponen kritis dalam berbagai aplikasi mekanis, berperan penting dalam mengunci dan mentransmisikan torsi antara poros dan *hub*. Pembuatan alur pasak yang tepat pada poros (*keyseat*) dan *hub* (*keyway*) sangat penting untuk memastikan koneksi yang kuat dan dapat diandalkan.

Seperti yang umum dilakukan, proses pembuatan *keyway* pada *hub* diameter dalam benda kerja, di industri manufaktur biasanya menggunakan mesin *broaching*. Karakteristik utama dari mesin ini adalah penggunaan *broach*, suatu alat pemotong bergigi yang dirancang untuk pekerjaan presisi dan efisien dalam menciptakan profil material yang kompleks dan tidak beraturan. *Broach* tersebut dibagi menjadi tiga segmen fungsional: pemotongan awal, *semi-finishing*, dan *finishing*, sehingga memungkinkan produksi massal alur *keyway* dengan kualitas yang konsisten [2]. Besarnya gaya pemotongan dipengaruhi oleh

banyaknya gigi *broach* yang memotong benda kerja [3]. Sementara itu, di kalangan *workshop* sering kali digunakan alat bantu proses untuk membuat alur pasak yang dirancang *custom* karena harga mesin *broaching* yang tergolong mahal.

Praktikan yang melakukan praktikum di Laboratorium Perancangan Mesin memerlukan pengalaman praktikum yang mendalam untuk memahami konsep teori secara praktis. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, diperlukan infrastruktur dan peralatan praktikum yang memadai. Namun, terdapat beberapa keterbatasan dalam infrastruktur dan peralatan praktikum, khususnya alat untuk pembuatan alur pasak internal. Selain harganya yang cenderung mahal, fungsi dari mesin hanya untuk membuat alur pada diameter dalam benda kerja dan untuk skala Laboratorium terlalu berlebihan karena mesin tidak digunakan untuk produksi massal.

Mesin *Broaching* Manual Pembuat Alur Pasak Pada Puli Dan Roda Gigi rancangan Prayono dkk. (2023) mengadopsi metode kerja mesin *broaching* namun dioperasikan secara manual dengan tipe *vertical push*. Karena tipe tersebut konstruksinya

lebih sederhana dan lebih mudah digunakan. Kapasitas alat ini untuk lebar pahat berukuran 4mm, 5mm dan 6mm dengan pengaturan ketebalan pemotongan menggunakan *shim*. Mekanisme kerjanya menggunakan tuas pemutar manual yang diputar dengan tangan untuk menghasilkan gaya tekan kebawah. Alat ini dapat digunakan untuk membuat alur pasak untuk bahan aluminium dan baja lunak [4].

Berikutnya, alat yang diberi nama *Keyway Slotting Attachment* buatan Chris (2016) diunggah pada Youtube *Channel*-nya. Alat ini merupakan alat bantu proses pembuatan alur pasak pada diameter dalam yang dioperasikan secara manual menggunakan tenaga manusia. Alat tersebut dipasang kepada *tool post* mesin bubut dan diposisikan senter dengan sumbu mesin. Dengan *kinematic mechanism*, tuas yang diberi gaya akan membuat *tool holder* bergerak maju mundur serta melakukan gerak pemakanan pada material yang dicekam pada *chuck* mesin bubut [5].

Dengan situasi teknologi yang makin berkembang termasuk mesin perkakas, tentu memudahkan pengguna untuk menyelesaikan pekerjaan. Maka, penerapan teknologi otomasi dalam pembuatan alur pasak internal akan memberikan kemudahan menjadi efisien dan konsisten yang lebih baik [6].

Penelitian ini bertujuan untuk merancang mesin pembuat alur pasak internal pada *hub* yang dapat mengatasi kekurangan peralatan praktikum di Lab Perancangan Mesin. Tujuan khusus penelitian untuk mengembangkan mesin yang tidak hanya memenuhi kebutuhan akademis tapi juga mendekati standar industri dalam hal presisi dan efisiensi. Dengan tersedianya mesin ini, diharapkan praktikan akan mendapatkan pengalaman praktikum yang lebih mendalam dan relevan, yang akan membantu dalam memahami proses pembuatan alur pasak pada diameter dalam serta aplikasinya dalam konteks industri nyata.

## 2. Metode

Metodologi yang digunakan untuk proses penyelesaian perancangan mesin pembuat alur pasak internal ini menggunakan pendekatan metode *TRIZ* untuk memecahkan masalah berupa kontradiksi pada tahap perancangan konsep. *TRIZ* (*Teoriya Resheniya Izobreatelskikh Zadatch*) atau disebut juga *TIPS* (*Theory of Inventive Problem Solving*) merupakan suatu metode untuk menghasilkan berbagai alternatif solusi inovatif yang memperhatikan unsur kontradiktif yang berupaya untuk mencapai *win-win solution* [7]. Selanjutnya ide potensi solusi yang didapatkan dari metode *TRIZ* diolah menggunakan alur pengerjaan menurut metode Pahl & Beitz dimulai dengan perencanaan, perancangan konsep, perancangan detail, dokumentasi dan prototipe [8]. Alur pengerjaan yang dilakukan hingga tahap dokumentasi karena luaran hanya menghasilkan rancangan alat.

### Identifikasi Masalah

Proses identifikasi masalah dilakukan sebagai kajian awal mencakup permasalahan kebutuhan alat sebagai fasilitas penunjang praktik mahasiswa. Selain itu, kajian produk eksisting dan kajian pasar yang berkaitan dengan mesin pembuat alur pasak internal untuk melihat tren atau inovasi terbaru dalam industri mesin perkakas. Kemudian, berdasarkan riset diatas, dikombinasikan dengan keinginan pengguna yang dihimpun dalam *customer window*. Sehingga luaran dari identifikasi masalah berupa daftar tuntutan pengguna terhadap mesin yang akan dirancang.

### Identifikasi Potensi Solusi

Identifikasi potensi solusi spesifik dilakukan dengan bantuan *tools* matriks kontradiksi yang mempertemukan *improving feature* dan *worsening feature* yang sudah ditentukan pada masing-masing kriteria desain berdasarkan daftar tuntutan. Luaran dari proses ini adalah potensi solusi hasil matriks kontradiksi berupa 2-4 alternatif solusi yang terdapat pada *40 inventive principles* [9].

### Penentuan Desain Parameter Rancangan

Penentuan desain parameter rancangan didapatkan dari alternatif solusi yang telah didapatkan melalui *40 inventive principles*. Hasil potensi alternatif solusi dikaji mana yang paling efektif untuk menyelesaikan masalah.

### Implementasi Solusi

Hasil kajian potensi alternatif solusi yang paling efektif kemudian diterapkan menggunakan teknik yang disajikan dalam morfologi menggunakan fungsi yang sudah ditentukan berupa kriteria desain. Morfologi digunakan dalam bentuk tabel dengan baris dan kolom yang berisi prinsip-prinsip *inventive principles* berdasarkan parameter yang relevan. Luaran yang didapat nantinya akan berupa kombinasi satu sama lain hingga membentuk suatu sistem fungsional yang dijadikan sebagai variasi konsep rancangan.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Bagian ini memuat pembahasan rangkuman hasil rancangan mesin pembuat alur pasak internal yang sudah melalui beberapa tahapan perancangan sebagai metodologi penyelesaian perancangan mesin pembuat alur pasak internal ini.

### Perencanaan

Proses perencanaan mencakup pengumpulan data adalah tahap awal yang dilakukan. Tahap pertama dalam perencanaan adalah melihat kondisi awal pengaplikasian sambungan poros dan *pulley* di Lab Perancangan Mesin untuk mengkaji permasalahan spesifik yang ada. Tidak adanya mesin *slotting keyway* membuat penerapan teori sambungan poros dan *pulley* pada praktiknya tidak sesuai. Seperti kasus *pulley* dan poros yang disambung menggunakan

sambungan las yang tidak bisa dilakukan *dissassembly* untuk perawatan atau penggantian komponen.

Tahap kedua melakukan kajian kebutuhan pengguna melalui metode *customer window* untuk menghimpun keinginan pengguna. Untuk memenuhi kebutuhan pelaksanaan praktikum khususnya pada proses pembuatan alur pasak internal, perlu alat yang memadai dan menghasilkan produk dengan kualitas yang sesuai standar. Agar meningkatkan relevansi praktik akademis dengan kondisi di industri. Hal ini diperkuat oleh hasil wawancara kepada beberapa mahasiswa dan staf pengajar. Namun terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam perancangan alat ini yang disajikan dalam bentuk *customer window* berikut.



Gambar 1. Customer window

Berdasarkan hasil kajian kebutuhan pengguna tersebut, maka didapatkan daftar tuntutan yang sudah dalam bentuk *engineering data*. Hal tersebut diklasifikasikan untuk menjadi acuan tetap terhadap target yang harus dicapai pada rancangan mesin pembuat alur pasak internal.

Tabel 1. Daftar Tuntutan

		PERANCANGAN MESIN PEMBUAT ALUR PASAK INTERNAL PADA HUB DIAMETER DALAM Ø10MM - Ø50MM	Issued On 04/03/2024 Page : 1/1
Change	D/W	REQUIREMENTS	Responsible
04/03/2024	D	Mesin dapat menghasilkan alur pasak sesuai standar DIN 6885	EI Nathan S
04/03/2024	D	Tingkat akurasi hasil proses pembuatan alur sesuai standar DIN 6885 +0,1mm s/d +0,2mm	EI Nathan S
04/03/2024	D	Dapat digunakan untuk diameter dalam Ø10mm s/d Ø38mm	EI Nathan S
04/03/2024	W	Dapat mengendalikan kecepatan potong mekanisme pembuatan alur	EI Nathan S
04/03/2024	W	Memiliki sistem <i>emergency</i> otomatis ketika terjadi kondisi abnormal	EI Nathan S
04/03/2024	W	Pengoperasian alat mudah (≤10 langkah) dibandingkan dengan alat eksisting	EI Nathan S

Replaces Issue of 04/03/2024

D : Demand  
W : Wish

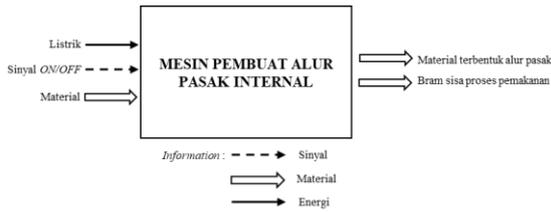
**Perancangan Konsep**

Proses perancangan konsep mengolah dan menganalisis data yang sudah dikumpulkan pada tahap perencanaan. Tahap pertama yang dilakukan merupakan bagian dari pendekatan *TRIZ* yaitu melakukan identifikasi perancangan alat untuk mengetahui produk yang ingin dihasilkan berdasarkan daftar tuntutan. Membuat kriteria desain pada mesin pembuat alur pasak internal, kemudian tentukan *improving features* dan *worsening features* hingga didapatkan solusi dari tabel *40 inventive principles*.

Tabel 2. Identifikasi perancangan alat

No.	Produk yang Dihasilkan
1.	Menghasilkan alur pasak internal dengan presisi sesuai standar
2.	Memudahkan pembacaan dan pengaturan kedalaman potong
3.	Memudahkan pengaturan kecepatan penggerak pahat
4.	Fleksibilitas pencekaman diameter benda kerja
5.	Mengurangi dampak kerusakan ketika terjadi kondisi abnormal

Proses pembuatan alur pasak internal yang terjadi terbagi menjadi 3 bagian yaitu *input*, proses dan *output*. Interaksi yang terjadi ditampilkan dalam *black box* berikut.



**Gambar 2.** Black box fungsi alat  
 Dari identifikasi di atas, dilakukan identifikasi akar masalah yang disajikan dalam tabel resume berikut.

**Tabel 3.** Resume akar masalah

No.	Kriteria Desain	Akar Masalah	Identifikasi	Model Masalah
1	Tingkat presisi	Bagaimana agar tools dapat membuat alur pasak yang kecil, namun juga dapat membuat alur pasak yang lebih besar.	Inventive Problem	Engineering Contradiction
2	Pencekaman fleksibel	Sistem pencekaman harus bisa mencekam benda kerja dengan diameter kecil, namun juga harus bisa mencekam benda kerja yang diameternya lebih besar.	Inventive Problem	Engineering Contradiction
3	Mengatur kedalaman potong	Saat memproses material yang kuat/keras kecepatan potong relatif pelan, namun juga harus bisa lebih cepat untuk proses material yang lebih lunak.	Inventive Problem	Engineering Contradiction
4	Mengatur kedalaman potong	Akurasi kemampuan pengatur kedalaman potong harus presisi sesuai standar, namun juga konstruksi tidak terlalu rumit.	Inventive Problem	Engineering Contradiction

Tahap lanjutan dari identifikasi akar masalah pada **Tabel 3.** adalah menentukan *inventive principles* yang didasarkan pada matriks kontradiksi Altshuller berbentuk tabel dengan 39 x 39 elemen yang terbagi menjadi dua bagian yaitu *improving features* dan *worsening feature*..

*Improving features* adalah hal yang ingin dicapai untuk fungsi yang diinginkan dalam mesin pembuat alur pasak. Sedangkan *worsening feature* menjadi efek samping dari penerapan *improving features*.

**Tabel 4.** Improving feature fungsi alat

Fungsi yang Diinginkan	Improving Feature
Tingkat presisi	Adaptability or versatility (35)
Pencekaman fleksibel	Adaptability or versatility (35)
Mengatur kecepatan potong	Extent of automation (38)
Mengatur kedalaman potong	Measurement accuracy (28)

**Tabel 5.** Worsening feature fungsi alat

Fungsi yang Diinginkan	Worsening Feature
Tingkat presisi	Shape (12)
Pencekaman fleksibel	Reliability (27)

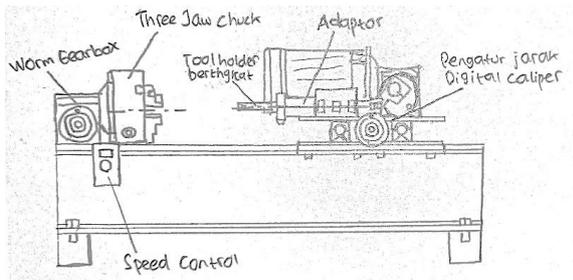
Mengatur kecepatan potong	Loss of energy (22)
Mengatur kedalaman potong	Device complexity (36)

Tahap eksplorasi solusi memecahkan masalah umum yang sudah ditentukan sebelumnya dan akan dieksplorasi untuk mencari solusi menggunakan *tools contradiction matrix*. Hasil dari elemen *improving feature* dan *worsening feature* menghasilkan titik temu pada matriks kontradiksi dan menghasilkan *inventive principles*.

**Tabel 6.** Inventive principles kriteria desain

Improving Features	Worsening Features	40 Inventive Principles
Adaptability or versatility (35)	Shape (12)	15 37 1 8
Adaptability or versatility (35)	Reliability (27)	35 37 8 24
Extent of automation (38)	Loss of energy (22)	23 28
Measurement accuracy (28)	Device complexity (36)	27 35 10 34

Seluruh kemungkinan ide solusi spesifik diolah menggunakan metode tahapan proses Pahl & Beitz. Masing-masing *inventive principles* kriteria desain dievaluasi hingga menghasilkan luaran variasi konsep.



Gambar 3. Variasi konsep terpilih

Sesuai dengan permintaan pelanggan, fungsi pertama yakni tingkat presisi. Penerapan *inventive principles* (15) dinamik dan (1) segmentasi adalah dengan mendesain *tool holder* yang dapat dipasang oleh dua pahat *insert* yang berbeda ukuran sesuai standar DIN 6885. Kemudian prinsip segmentasi diterapkan pada konstruksi *tool holder* dengan adaptor yang terpisah sehingga mudah jika akan dilakukan *dissassembly*.

Fungsi kedua pencekaman fleksibel sesuai dengan prinsip (8) anti berat dan (24) mediator dengan cara memasang *worm gear box* sebagai penyeimbang berat pencekam sekaligus berfungsi dapat memutar *chuck* yang memungkinkan pembuatan alur pasak pada bidang yang lain. Sedangkan penerapan prinsip mediator menggunakan *three jaw chuck* sebagai media pencekam benda kerja yang fleksibel dapat mencekam benda dengan diameter kecil maupun besar.

Fungsi ketiga yang diinginkan adalah mengatur kecepatan potong sesuai dengan prinsip (23) umpan balik dan (28) substitusi mekanik. Penerapan kombinasi antara keduanya menggunakan otomatisasi kontrol kendali kecepatan menggunakan *speed control* dan *protector amperemeter* sebagai sistem *emergency* alat ketika terjadi kondisi abnormal.

Fungsi terakhir adalah mengatur kedalaman potong yang menerapkan prinsip (10) tindakan awal dan (35) perubahan parameter dengan solusi spesifik mengeraskan atau memilih *cutter* yang sudah dilakukan perlakuan panas agar material *cutter* tahan aus. Terakhir prinsip (34) membuang dan memulihkan, karena fungsi ini merupakan salah satu yang paling penting, solusi spesifik yang diusulkan menggunakan *digital depth caliper* sebagai pengatur jarak kedalaman potong menggantikan skala nonius yang biasa terdapat pada eretan mesin.

### Perancangan Detail

Proses perancangan detail merupakan tahap perancangan alat yang kompleks, dimana pendetailan konsep rancangan terpilih dilakukan melalui perhitungan hingga analisis yang berpengaruh satu sama lain. Perhitungan dilakukan untuk menentukan ukuran dan kapasitas dari komponen standar serta menjadi acuan untuk melakukan perancangan komponen non standar yang akan diimplementasikan pada rancangan mesin pembuat alur pasak internal.

### Data Awal Pendukung

Panjang langkah maks : 90 mm

Kedalaman pemakanan (d.o.c) : 0,1 mm/langkah

Tool material : HSS

Cutting speed (CS) : 10 m/min

Lebar mata pahat (W): 4mm, 6mm, 8mm, 10mm

Gaya sayat perluasan (Fs) : 236 kN/cm<sup>2</sup> [10]

Material yang dikerjakan : Common steel, Al

### Gaya Pemotongan Alur Pasak

Untuk mendapatkan gaya pemotongan, dihitung luas bidang yang akan dipotong. Diambil lebar pahat paling besar yaitu 10mm untuk mendapatkan gaya pemotongan paling besar pada kedalaman pemakanan per langkah maksimal. Berikut persamaan yang digunakan untuk mendapatkan gaya potong.

Luas bidang potong :

$$A = d.o.c \times W \quad (1)$$

$$A = 0,01 \times 1 = 0,01 \text{ cm}^2$$

Gaya potong :

$$F = Fs \times A \quad (2)$$

$$F = 236 \times 0,01 = 2,36 \text{ kN}$$

Maka, untuk menyayat material *common steel* dengan luas bidang potong 0,01cm<sup>2</sup> diperlukan gaya potong sebesar 2,36 kN.

### Daya Motor

Daya motor dihitung untuk menyesuaikan kebutuhan spesifikasi motor yang dapat menyayat benda kerja dengan gaya potong 2,36 kN. Maka, untuk mendapatkan daya motor dilakukan perhitungan menggunakan persamaan sebagai berikut.

Daya pemotongan :

$$P_z = \frac{F \times CS}{60} \quad (3)$$

$$P_z = \frac{2,36 \times 10}{60} = 0,393 \text{ kW}$$

Daya motor :

$$N_m = \frac{P_z}{\eta} \text{ dengan } \eta = 0,7 \quad (4)$$

$$N_m = \frac{0,393}{0,7} = 0,56 \text{ kW}$$

Dari hasil perhitungan, untuk dapat menyayat material *common steel* dengan gaya potong 2,36 kN menghasilkan gaya pemotongan 0,393 kW. Sehingga daya motor yang diperlukan adalah 0,56 kW. Motor yang dipilih sesuai hasil perhitungan dengan spesifikasi motor dan *gearbox* sebagai berikut :

- Worm gearbox motor
- Tipe NMRV 063
- Power 0,75 HP / 0,56 Kw
- 4 Pole 1400 RPM
- Ratio 1 : 40

Maka :

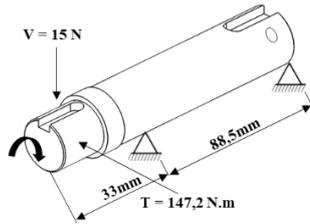
Input putaran : 1400 RPM

Output putaran :  $\frac{1400}{40} = 35 \text{ RPM}$

Torsi input : 3,86 N.m  
 Torsi output : 147,2 N.m  
 Dia. Output shaft : 25 mm

**Poros Transmisi**

Poros transmisi berfungsi sebagai pemindah putaran dari gearbox ke pulley dan menerima momen puntir akibat torsi pemotongan. Maka dihitung diameter poros yang sesuai untuk fungsi tersebut dengan ilustrasi pembebanan pada **Gambar 4**.



**Gambar 4.** Ilustrasi pembebanan poros transmisi

Diketahui:

Material poros AISI 1045 :

Ultimate tensile strength ( $\sigma$ ) : 660 MPa

Yield strength ( $\sigma_y$ ) : 560 MPa

Safety factor : 2

Tegangan ijin ( $\sigma$ ) :  $\frac{560}{2} = 280 \text{ MPa}$

Torsi gearbox (T) : 147,2 N.m

Beban yang diterima (V) : 15 N (berat pulley)

Panjang poros keluar (X) : 33 mm

Momen pada poros terluar menggunakan persamaan :

$$M = V \times X \tag{5}$$

$$M = 15 \times 33 = 495 \text{ N.mm}$$

Momen puntir ekuivalen yang terjadi pada poros dihitung dengan persamaan (6) sebagai berikut [11] :

$$T_e = \sqrt{M^2 + T^2} \tag{6}$$

$$T_e = \sqrt{(495 \times 1000)^2 + 147200^2}$$

$$T_e = 516423,12 \text{ N.mm}$$

Sedangkan untuk menghitung diameter minimum poros untuk menahan momen puntir menggunakan persamaan (7) sebagai berikut :

$$d^3 = \frac{T_e}{\left(\frac{\pi}{16} \times \sigma\right)} \tag{7}$$

$$d^3 = \frac{516423,12}{\left(\frac{3,14}{16} \times 280\right)} = 9398,01$$

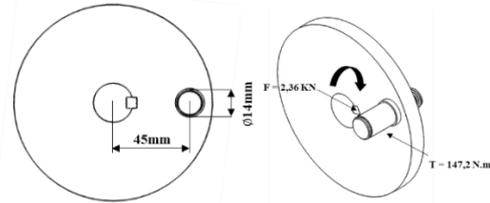
$$d = \sqrt[3]{9398,01} = 21,1 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan di atas, untuk menahan momen puntir dipilih poros AISI 1045 Ø25mm disesuaikan dengan spesifikasi diameter poros output gearbox.

**Pin Rod Link**

Pin menjadi fungsi penghubung antar komponen. Pin 1 menghubungkan pulley dengan rod link

sedangkan pin 2 menghubungkan rod link dengan adaptor tool holder. Kedua komponen tersebut menerima tegangan geser akibat torsi dan gaya potong yang terjadi pada mekanisme pemotong. Ilustrasi penggunaan pin 1 dapat dilihat pada **Gambar 5**.



**Gambar 5.** Ilustrasi penggunaan pin 1

Untuk menghitung tegangan geser pin 1 dan pin 2 dengan data sebagai berikut :

Material pin AISI 1045 :

Ultimate tensile strength ( $\sigma$ ) : 660 MPa

Yield strength ( $\sigma_y$ ) : 560 MPa

Safety factor : 2

Tegangan ijin ( $\sigma$ ) :  $\frac{560}{2} = 280 \text{ MPa}$

Diameter pin (D) : 14mm

Jarak pin dengan titik pusat pulley (L) : 45 mm

Torsi gearbox (T) : 147,2 N.m

Menggunakan persamaan :

$$\tau = \frac{P}{\left(\frac{\pi}{4}\right) \times D^2} \tag{8}$$

$$P = \frac{T}{L} \tag{9}$$

Dimana :

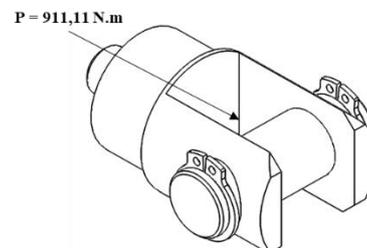
$\tau$  : Tegangan geser (N/mm<sup>2</sup>)

P : Gaya yang dihasilkan (N)

Gaya yang dihasilkan kemudian dikurangi dengan gaya pemotongan sebesar 2,36 kN, sehingga dengan menggunakan persamaan (8) dan (9), tegangan geser pada pin 1 adalah sebagai berikut.

$$P = \frac{147200}{45} - (2,36 \times 1000) = 911,11 \text{ N}$$

$$\tau_1 = \frac{911,11}{\left(\frac{\pi}{4}\right) \times 14^2} = 5,92 \text{ N/mm}^2$$



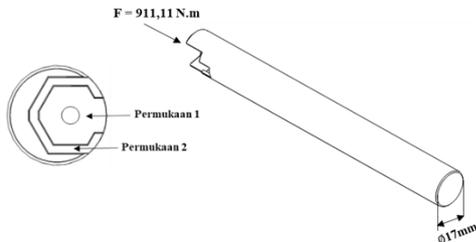
**Gambar 6.** Ilustrasi penggunaan pin 2

Tegangan geser pada pin 2 adalah sebagai berikut :

$$\tau_2 = \frac{2 \times 911,11}{\pi \times 14^2} = 2,96 \text{ N/mm}^2$$

Dari hasil kalkulasi, tegangan geser yang terjadi pada kedua pin akibat gaya pemotongan adalah masing-masing 5,92 N/mm<sup>2</sup> dan 2,96 N/mm<sup>2</sup>. Tegangan tersebut masih jauh dari *ultimate tensile strength* sebesar 660 MPa.

*Tool Holder*



**Gambar 7.** Ilustrasi gaya yang terjadi pada *tool holder*

Menghitung tegangan pada *Tool holder* dengan data sebagai berikut :

Material poros AISI 1045 :

Ultimate *tensile strength* ( $\sigma_u$ ) : 660 MPa

*Yield strength* ( $\sigma_y$ ) : 560 MPa

Diameter tool holder (D) : 17mm

Gaya yang terjadi (F) : 911,11 N

Elastis Modulus AISI 1045 (E) : 205000 MPa

Lp. permukaan 1 (A1) : 87,1 mm<sup>2</sup>

Lp. permukaan 2 (A2) : 47 mm<sup>2</sup>

Lp. Poros (A) :  $\frac{\pi}{4} \times D^2 = \frac{\pi}{4} \times 17^2 = 226,87 \text{ mm}^2$

Tegangan geser pada Tool holder menggunakan persamaan berikut :

$$\tau_1 = \frac{F}{A} \tag{8}$$

$$\text{Tegangan pada A1 : } \tau_1 = \frac{911,11}{87,1} = 10,46 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Tegangan pada A2 : } \tau_2 = \frac{911,11}{47} = 19,39 \text{ N/mm}^2$$

Untuk menghitung defleksi maksimal pada *tool holder* menggunakan persamaan berikut :

$$\Delta_{max} = \frac{F \times 150}{A \times E} \tag{9}$$

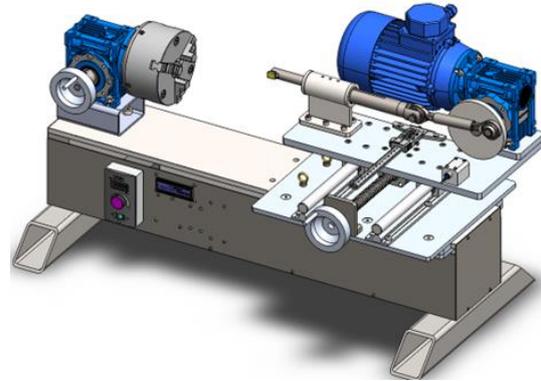
$$\Delta_{max} = \frac{F \times 150}{A \times E} = \frac{911,11 \times 150}{226,87 \times 205000} = 0,0087 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan di atas, tegangan geser pada komponen *tool holder* akibat torsi pemotongan pada permukaan 1 sebesar 10,46 N/mm<sup>2</sup> dan pada permukaan 2 sebesar 19,39 N/mm<sup>2</sup>. Tegangan tersebut masih jauh dari *ultimate strength* material 660 MPa. Sedangkan defleksi maksimal yang dapat terjadi sebesar 0,0087mm.

**Dokumentasi**

Tahap dokumentasi merupakan perwujudan tahap perancangan konsep dan perancangan detail menjadi model 3D. Pembuatan model 3 dimensi mesin pembuat alur pasak internal menggunakan perangkat *Solidworks 2020*. Pemodelan alat berdasarkan gambar sketsa pada konsep terpilih pada tahap perancangan konsep. Bentuk 3D

memungkinkan untuk mengubah ukuran dan bentuk untuk merepresentasikan hasil perhitungan dan menyesuaikan geometri dengan komponen lain. **Gambar 8.** menunjukkan pandangan isometrik model 3D mesin yang memiliki berat estimasi 61,1kg dengan total dimensi sebesar 800x403x490mm.



**Gambar 8.** Model 3D mesin pembuat alur pasak internal

**Pembahasan**

Luaran dari perancangan mesin pembuat alur pasak internal menggunakan kombinasi metode *TRIZ* dan *Pahl & Beitz* adalah spesifikasi hasil rancangan. Hasil rancangan harus bisa memenuhi kebutuhan pengguna yang menjadi patokan perancangan terhadap permasalahan tidak tersedianya alat untuk membuat alur pasak internal di Lab Perancangan Mesin. Berikut merupakan spesifikasi hasil rancangan mesin pembuat alur pasak internal :

1. Kapasitas cekam maksimal Ø100mm untuk fleksibilitas penggunaan
2. Kapasitas diameter dalam material Ø10mm - Ø50mm
3. Panjang langkah 90mm
4. Daya motor/ Rasio *gearbox* 0,75HP/1 : 40
5. Kecepatan putaran *pulley* 1 – 35RPM
6. Penggunaan sistem kendali kontrol untuk keamanan alat atau *emergency*

Dengan gaya yang dibutuhkan untuk proses pemotongan sebesar 2,36kN dibutuhkan daya potong 0,39KW. Sehingga daya motor yang dibutuhkan dengan efisiensi 0,7 adalah 0,75HP atau 0,56KW. Pemilihan *gearbox* dengan rasio 1 : 40 mempertimbangkan kecepatan potong per langkah. Sehingga putaran maksimal 1400RPM dari motor penggerak setelah direduksi *gearbox* menjadi 35RPM yang berarti 35 langkah per menit. 6. Dengan jumlah 35 langkah per menit, proses pembuatan alur pasak pada *hub* dengan lebar pasak 4mm, kedalaman 1,2mm dan *depth of cut* 0,1mm/langkah hanya membutuhkan waktu kurang dari 1 menit.

Dengan spesifikasi di atas, maka dapat dikatakan bahwa hasil rancangan alat memenuhi kebutuhan pengguna untuk menghasilkan alur pasak internal pada benda kerja. Fungsi alat yang mencakup tingkat

presisi, pencekaman fleksibel, mengatur kecepatan potong dan mengatur kedalaman potong semi digital dapat dilakukan pada rancangan alat. Dengan demikian, Rancangan alat ini sangat kompatibel untuk skala Lab Perancangan Mesin, karena komponen yang biasanya dibentuk alur pasak internal tidak terlalu besar diameternya dan cukup untuk dikerjakan pada rancangan alat ini.

#### 4. Kesimpulan

Hasil rancangan mesin pembuat alur pasak internal pada *hub* dapat menghasilkan alur pasak dengan kapasitas diameter dalam material  $\varnothing 10\text{mm} - \varnothing 50\text{mm}$ , sehingga lebar pasak yang dapat dibentuk  $4\text{mm} - 10\text{mm}$  dengan kedalaman pasak  $1,2\text{mm} - 2,4\text{mm}$  sesuai standar DIN 6877. Fungsi alat yang mencakup tingkat presisi, pencekaman fleksibel, mengatur kecepatan potong dan mengatur kedalaman potong semi digital dapat dilakukan pada rancangan alat. Hasil rancangan yang dibuat sudah memenuhi kebutuhan pengguna.

#### Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kepada Program Studi Teknik Perancangan dan Konstruksi Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung atas dukungannya dalam melakukan perancangan alat ini. Serta kepada dosen pembimbing yang telah membimbing dan membantu pelaksanaan perancangan mesin pembuat alur pasak internal, sehingga dapat menghasilkan luaran rancangan alat dengan baik.

#### Daftar Pustaka

- [1] R. L. Mott, E. M. Vavrek, and J. Wang, *Machine elements in mechanical design*, vol. 6. 2004.
- [2] D. Mambu, "BROACHING MACHINES," 2012.
- [3] Degarmo, J. T. Black, and R. A. Kohser, *Materials & Process In Manufacturing*, vol. 10. 2008.
- [4] K. Purbono, P. Haryanto, M. Showi Nailul Ulum, J. Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang, and J. H. Soedarto SH, "DESAIN MESIN BROACHING MANUAL PEMBUAT ALUR PASAK PADA PULI DAN RODA GIGI," 2023.
- [5] Chris, "Keyway Cutting Tool For Lathe," Youtube. Accessed: Jan. 13, 2024. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=iZMIqXdCOLI>
- [6] A. Pramono, H. Arizal, and I. Made Arsana, "Perancangan mesin packing pipa baja otomatis di PT Steel Pipe Industry of Indonesia, Tbk," *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, vol. 17, no. 2, pp. 78–86, 2022.
- [7] G. S. Altshuller, "The Innovation Algorithm TRIZ, Systematic Innovation and Technical Creativity," 1998.
- [8] Pahl G, Beitz W, Feldhusen J, and Grote K H, "Engineering Design A Systematic Approach," 2007.
- [9] I. Ilevbare, R. Phaal, D. Probert, and A. T. Padilla, "Integration of TRIZ and roadmapping for innovation, strategy, and problem solving Phase 1-TRIZ, roadmapping and proposed integrations," 2011.
- [10] C. V Terheijden, *Alat-alat Perkakas*. Jakarta: Bina Cipta, 1981.
- [11] R. S. Khurmi and J. K. Gupta, "A Textbook of Machine Design," 2005