

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kajian Pustaka**

Mesin penempa baja merupakan suatu kebutuhan yang teramat penting bagi industri skala kecil pada proses produksi mereka untuk mempermudah proses penempaan secara kontinu. Untuk mengetahui definisi atau pengertian dari mesin penempa baja itu sendiri, terlebih dahulu kita perlu memahami pengertian dari mesin, tempa dan baja.

Menurut Salim (1991) menyatakan bahwa “Mesin adalah alat yang mempunyai daya gerak atau tenaga baik dijalankan dengan motor listrik penggerak maupun tenaga manusia”. Dari definisi mesin yang dikemukakan oleh kedua sumber diatas, tampak bahwa sumber pertama mendefinisikan mesin sebagai kendaraan, sedangkan sumber kedua mesin sebagai alat yang dapat membantu untuk meringankan kerja manusia. Jadi, pada dasarnya definisi dari kedua sumber mempunyai tujuan yang sama. Akan tetapi, penjelasan dari definisi yang kedua lebih jelas dibandingkan sumber pertama jika disesuaikan dengan mesin penempa baja karena mesin penempa baja tersebut tidak digunakan sebagai kendaran yang dapat mengangkut atau membawa manusia dari suatu tempat ke tempat yang lain, melainkan hanya digunakan untuk meringankan atau memudahkan pekerjaan manusia pada proses mendeformasikan baja dalam pembuatan pisau, parang, linggis maupun aksesoris pagar besi dan disini kami hanya mengarah pada pembuatan ornamen pagar, karna dalam pembuatan parang, linggis dibutuhkan skill atau orang yg berpengalaman .

Adapun definisi dari tempa menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (2002) yaitu “Memukul-mukul (besi dan sebagainya) untuk dibuat perkakas (seperti pisau)”. Pada proses penempaan, baja dipanaskan dalam bara api hingga berwarna kemerah-merahan atau merah jingga. Logam yang telah memerah/jingga kemudian dipindahkan ke landasan, dipukul-pukul dengan menggunakan palu

hingga bentuknya pipih. Proses penempaan dilakukan secara berulang-ulang, artinya proses penempaan tidak bisa dilakukan sekaligus, sebab pada saat proses penempaan berlangsung, benda kerja atau baja yang ditempa akan mulai mengalami pendinginan sehingga setelah baja dingin dengan penandaan perubahan warna yang menghitam kembali.

Benda kerja atau baja dibakar kembali sampai berwarna jingga dan kemudian dilakukan pembentukan kembali. Benda kerja yang biasa digunakan yaitu st.37 dengan kandungan karbon kurang lebih 0.3 g. Berdasarkan temperatur kerjanya, penempaan dibagi menjadi hot forging (warm forging) dan cold forging. Hot forging atau penempaan panas merupakan proses penempaan yang dilakukan pada logam bersuhu tinggi (panas). Proses hot forging dilakukan bila logam yang ingin ditempa perlu dikurangi kekuatannya dan ditingkatkan sifat mampu bentuknya. Karena logam yang akan ditempa kekuatannya berkurang dan mampu bentuknya meningkat, hot forging relatif memerlukan gaya yang lebih kecil dibanding cold forging.

## 2.2 Jenis-Jenis Forging

### 2.2.1 Penempaan dengan Palu (*Hammer Forging*)

Proses ini merupakan forging yang paling sederhana. Pada umumnya landasan (*ANVIL*) dan palu yang dipakai berbentuk datar. Sehingga proses ini diprioritaskan untuk membuat benda kerja yang sederhana dan skala produksi kecil. Prosesnya lama dan hasilnya tergantung dari skill operator.



Gambar 2.1 *Hammer Forging* (Somers, 2017)

### 2.2.2 Penempaan dengan *Drop Forging*

Prinsip dari drop forging adalah memaksa logam panas yang plastis memenuhi dan mengisi bentuk die dengan cara penempaan. Proses ini yang diperlengkapi dengan die. Die umumnya dibagi dua bagian dimana satu bagian diletakkan pada hammer, yang lainnya pada anvil. Syarat die yang digunakan harus kuat dan tangguh terhadap beban impact, keausan, dan temperatur umumnya terbuat dari campuran baja dengan krom, molibdenum dan nickel. Faktor yang penting dan harus diperhatikan adalah tenaga pneumatis dan tenaga hidrolis sehingga mesinmesin tipe steam hammer maupun air hammer mampu bekerja sangat cepat, mudah dikontrol dan otomatis.



Gambar 2.2 *Drop Forging* (Somers, 2017)

### 2.2.3 Penempaan dengan *Press Forging*

Pada hammer forging maupun drop forging energi yang diberikan pada saat penempaan sebagian besar terserap oleh anvil, pondasi mesin dan permukaan luar benda kerja sedangkan bagian dalam benda kerja belum terdeformasi. Karena itu untuk benda kerja dengan penampang tebal dan besar digunakan press forging. Prinsip press forging adalah dilakukannya penekanan secara perlahan-lahan pada benda kerja sampai menghasilkan aliran logam yang uniform. Press forging biasanya dikerjakan tanpa die dan hammer maupun anvilnya berbentuk datar.



Gambar 2.3 *Press Forging* (Somers, 2017)

### 2.2.4 Penempaan dengan *Upset Forging*

Proses forging yang dikhususkan untuk pembesaran diameter pada ujung batang logam ditekan dalam arah memanjang. Pada dasarnya benda kerja yang diupset berupa bar bulat, wire ataupun benda kerja berbentuk silindris.

Ada 3 hal yang diperhatikan saat melakukan upset forging :

- a. Panjang benda yang diupset tidak lebih dari 3 kali diameter batang.
- b. Diameter upset tidak lebih dari 1,5 kali diameter batang.
- c. Panjang benda kerja yang tidak ditumpu oleh die tidak lebih dari diameter batang.



Gambar 2.4 *Upset Forging* (Miller, 2022)

### 2.2.5 Penempaan dengan *Roll Forging*

Proses forging untuk mengurangi ketebalan dari bar yang berbentuk bulat atau datar sehingga mengalami perpanjangan ke arah sumbu axisnya. Roll forging biasanya memproduksi poros, batang taper dan pegas daun. Roll forging terdiri dari dua roll semisilindris dengan bentuk groove sebesar 25-75 % sumbu putaran.



Gambar 2.5 *Roll Forging* (Somers, 2017)

### 2.2.6 Penempaan dengan *Swaging*

Swaging adalah proses pengurangan diameter benda kerja yang berbentuk bulat baik solid maupun berongga dengan cara penempaan berulang kali. Di sini die berfungsi sebagai hammer. Proses swaging juga dapat membentuk bentuk kerucut dan mengurangi diameter dalam maupun diameter luar penampang



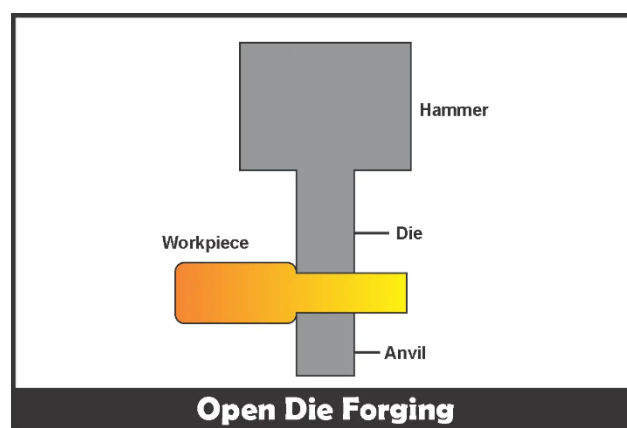
Gambar 2.6 Proses *Swaging* (Thorat, 2023)

## 2.3 Klasifikasi *Forging* Berdasarkan Proses dan Cetakan

Pada proses forging, forging dibedakan berdasarkan proses dan cetakan tersebut.

### 2.3.1 *Open die Forging*

Tempa melalui pemakaian dies terbuka, menurut Mardjuki (2009), Prinsip pembentukan logam pada penempaan *open die hammer* ini adalah dengan pukulan palu yang digerakkan tangan atau alat mekanis pada benda tempa yang terletak pada landasan terbuka (*open die*).



Gambar 2.7 Proses Tempa *Open Die Forging* (Mishra, 2019)

### 2.3.2 Blocker die Forging

Tempa melalui dies blocker hanya menghasilkan bentuk yang mirip dari bentuk yang diinginkan, ukuran masih jauh dari benda kerja, bahkan kadang” proses ini dilakukan untuk memperkecil ongkos pada proses permesinan. Toleransi ukuran hasil tempa tidak di tentukan hasil teliti.

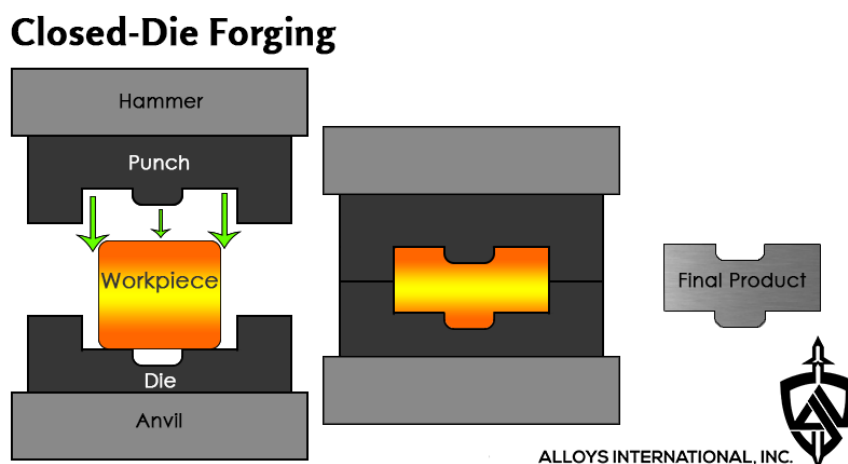
Secara umum toleransi tempa bloker dapat di peroleh 2-3 kali toleransi ukuran melalui tempa konvensional, sudut buangan sekitar 7o atau lebih dari ukuran benda jadi.

### 2.3.3 Conventional Die Forging

Pembentukan melalui tempa konvensional lebih terperinci, toleransi ukuran lebih teliti dan sudut buang sekitar 5-7o di bandingkan dengan tempa melalui dies bloker.

### 2.3.4 Close Die Forging

Menurut Mahendra (2014), penempaan di mana material sepenuhnya dibatasi dalam rongga yang dibuat oleh bagian cetakan atas dan bawah. Hal ini memungkinkan bagian yang dibentuk lebih akurat untuk dibentuk, Tidak ada flash yang terbentuk dalam proses ini sehingga tidak ada pemborosan material, Diperlukan tekanan antarmuka yang lebih tinggi, Memerlukan kontrol volume material yang sangat akurat dan desain die yang tepat.



Gambar 2.8 Proses tempa *Close die Forging* (Mishra, 2019)

## 2.4 Klasifikasi dan karakteristik Mesin Forging

- Secara umum klasifikasi mesin tempa di dasarkan pada prinsip operasi tempanya seperti misalnya mesin tempa hidraulick, mesin di batasi oleh beban atau kemampuan mesin untuk proses pembebanan yang di batasi oleh beban atau kemampuan mesin untuk proses pembentukan di batasi oleh kapasitas beban.
- Mesin tempa press mekanik (eksentrik atau crank) di tentukan oleh panjang langkah mesin, beban pada panjang langkah mesin(beban yang tersedia pada mesin)
- Mesin tempa hammer adalah mesin yang di batasi oleh energi, hasil deformasi dari pemindahan energi kinetik ram mesin. Mesin tempa screw press juga merupakan mesin yang di batasi oleh energi tetapi hampir sama dengan mesin tempa hidraulik atau mekanik press.

## 2.5 Prinsip Kerja Mesin *Forging* Otomatis

Prinsip kerja dari mesin tempa ini yaitu pemukul digerakkan oleh lengan pemukul, sumber daya berasal dari motor listrik kemudian ditransmisikan oleh V belt dan pulley, pada poros yang berhubungan dengan lengan pemukul. Saat poros berputar, lengan pemukul akan ikut berputar sehingga mengangkat pemukul

## 2.6 Dasar -Dasar Pembuatan Mesin *Forging* Otomatis

### 1. Kerangka Mesin *Forging*

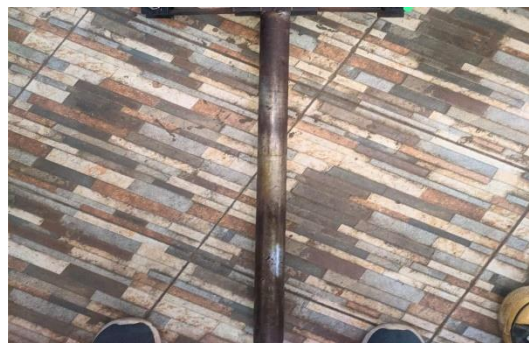
Kerangka merupakan fondasi dari sebuah konstruksi atau alat. Kerangka terbuat dari material yang kuat dan mampu menopang semua benda yang bertumpu pada material tersebut. Material yang dipilih Sebagai penyusun kerangka pada alat ini yaitu Besi Hollow.



Gambar 2.9 Kerangka mesin forging (Satriawan, 2023)

## 2. Besi Palu Penumbuk

Besi Penumbuk berfungsi sebagai komponen penumbuk benda kerja.



Gambar 2.10 Besi palu penumbuk (Satriawan, 2023)

## 3. Landasan Pukul

Landasan Pukul berfungsi untuk menahan tekanan yang di hasilkan oleh penumbuk saat proses penempaan serta media peletakkan benda kerja.



Gambar 2.11 Landasan pukul (Satriawan, 2023)



#### 4. Bantalan

Bantalan adalah elemen mesin yang mampu menumpu poros pembebanan, sehingga putaran atau gerak bolak baliknya dapat berlangsung secara halus, aman dan memiliki umur pakai panjang. Bantalan harus cukup kokoh untuk memungkinkan poros serta elemen mesin lainnya bekerja dengan baik. Jika bantalan tidak berfungsi dengan baik maka kinerja seluruh sytem akan menurun atau tidak dapat bekerja atau tidak dapat bekerja sebagaimana mestinya.

Untuk memudahkan perawatan yang berhubungan dengan lifetime bantalan yang sesuai dengan bantalan di atas, bahwa umur bantalan minimumnya adalah 2000-3000 jam, yaitu berdasarkan fungsinya sebagai peenerus putaran yang di ambil 1400 rpm dimana semakin besar putaran maka semakin kecil umur bantalan



Gambar 2.12 Bantalan (Amin, 2023)

#### 5. Poros Penggerak

Poros Penggerak berfungsi sebagai penghubung antara motor penggerak dan roda gila.



Gambar 2.13 Poros penggerak (Amin, 2023)

## 6. Poros Penumbuk

Pada Poros penumbuk berfungsi sebagai media penghubung antara roda gila ke bahan yang ditempa.



Gambar 2.14 poros penumbuk (Amin, 2023)

## 7. V-Belt dan pulley

V belt dan pulley untuk meneruskan daya dari motor listrik menuju poros penggerak palu pada mesin forging otomatis. Perbandingan antara putaran pulley driver dan putaran pulley driven sebagai rasio kecepatan ( $i$ ).

$$\text{Rasio kecepatan : } i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_1}{d_2} \geq 1$$

Panjang sabuk (  $L$  )

Panjang sabuk (  $v$  belt ) sangat di pengaruhi antara titik pusat pulley driver dan pulley driven . Panjang sabuk dapat dirumuskan sebagai :

$$L = 2C + \frac{\pi}{2} (D_1 + D_2) + \frac{1}{4C} (D_2 + D_1)^2$$



Gambar 2.15 *V-belt* dan *pulley* (Amin, 2023)

### 8. *FlyWheel* (Roda gila )

Flywheel ( roda gila ) adalah perangkat mekanik yang berputar yang di gunakan untuk menyimpan energi rotasi. *Flywheel* berfungsi sebagai Panjang Langkah penumbuk dan penghubung daya dari v-belt, flywheel memiliki momen inersia yang signifikan, dan dengan demikian menahan perubahan kecepatan rotasi. Jumlah energi yang tersimpan dalam flywheel adalah sebanding dengan kuadrat kecepatan rotasi. Energi di transfer ke flywheel dengan menggunakan torsi, sehingga meningkatkan kecepatan rotasi dan karenanya energi dapat tersimpan. Sebaliknya flywheel melepaskan energi yang tersimpan dengan melakukan torsi beban mekanik, sehingga mengurangi kecepatan torsi. Daya dari motor harus mampu menggerakkan flywheel itu sendiri, untuk mengetahui dapat di cari menggunakan rumus :

Torsi di hitung menggunakan rumus :

$$P = T \cdot \omega$$

Dimana : P = Daya yang digunakan untuk menggerakkan flywheel

T = Torsi (Nm)

$\omega$  = Kecepatan sudut ( rad/.s)

$$T = I \cdot a$$

Dimana : T = Torsi (Nm)

I = Momen inersia (kg.m/s)

a = Percepatan ( rad/s)

Momen inersia dihitung menggunakan rumus :

$$I = w \cdot r^2 \cdot g$$

Dimana : I = Momen inersia (kg.m/s)

W= Masa flywheel (kg)

r = Jari-jari (m)

g = Gaya grafitasi (m/s<sup>2</sup>)



Gambar 2.16 Flywheel (Satriawan, 2023)

## 9. Motor Listrik

Motor listrik adalah sumber daya atau tenaga yang akan menggerakkan komponen mesin secara keseluruhan. Untuk menentukan besar daya motor listrik, digunakan persamaan berikut :

$$P = F \cdot V_s$$

Keterangan : P = daya motor listrik (Hp)

F = Masa Beban ( N )

$V_s$  = Kecepatan translasi ( m/dt)

Untuk menghitung kecepatan translasi, di gunakan persamaan :

$$V_s = \frac{\pi \cdot d_s \cdot n}{60}$$

Dimana :  $D_s$  = Diameter poros (mm)

n = putaran poros (rpm)

Untuk mencari daya motor listrik agar dapat menggerakkan poros maka di gunakan persamaan. ( lit 7,hal 104 )

$$P = \frac{T}{9,55} n1$$

Keterangan:

P : Daya motor (watt)

T :Torsi (Nm)

Jika faktor koreksi adalah  $F_c$ , maka daya yang di rencanakan adalah

$P$  : Daya motor (w)

$F_c$  : Faktor koreck



Gambar 2.17 Motor listrik (Satriawan, 2023)

#### 10. Baut dan Mur

Baut dan mur merupakan alat pengikat yang sangat penting untuk mencegah kecelakaan pada mesin. Pemilihan baut dan mur sebagai alat pengikat harus di lakukan secara cermat untuk mendapatkan ukuran yang sesuai. Untuk menentukan baut dan mur harus memperhatikan beberapa factor seperti gaya yang bekerja, kekuatan bahan, ketelitian, dan lain lain.



Gambar 2.18 Baut dan mur (Satriawan, 2023)

#### 11. Pegas

Pegas yang digunakan pada mesin forging otomatis adalah jenis helix (ulir). Perhitungan tegangan geser maksimum kawat dapat dicari dengan menggunakan rumus :

$$\tau_{\max} = \frac{T \cdot r}{I_p} + \frac{F}{A}$$

Bila  $I_p = \pi \cdot d^4 / 32$ ,  $r = 1/2 d$  dan  $A = \pi \cdot d^2 / 4$ , serta  $T = F \cdot D/2$ , maka rumus di atas dapat diganti menjadi

$$\tau_{\max} = \frac{8 \cdot F \cdot D}{\pi \cdot d^3} \left( 1 + \frac{d}{2D} \right)$$

Keterangan:

- $\tau_{\max}$  : Tegangan Geser Maksimum ( N / mm<sup>2</sup> )  
 F : Gaya yang bekerja ( N )  
 D : Diameter lilitan kawat ( mm )  
 d : Diameter kawat ( mm )



Gambar 2.19 Pegas (Satriawan, 2023)

## 2.8 Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Dalam proses *Forging*, penerapan kesehatan, keselamatan kerja, dan lingkungan (K3L) harus benar-benar harus diperhatikan. Dalam praktiknya, kita seharusnya sudah harus mengetahui bahaya-bahaya apa saja yang terdapat pada proses *Forging*. Bahaya-bahaya tersebut antara lain sebagai berikut:

- a. Kecepatan tumbuk mesin *Forging*.
- b. Benda kerja yang terlempar
- c. Tangan yang masuk ke dalam area penumbukan

Setelah mengetahui bahaya yang ada, secara langsung kita dapat mengetahui pencegahan yang dapat kita lakukan agar tidak terjadi kecelakaan kerja.

Adapun beberapa pencegahan yang dapat kita lakukan sebagai berikut:

- a. Gunakan pakaian pelindung diri
- b. Gunakan sarung tangan pelindung
- c. Gunakan kaca mata pelindung
- d. Gunakan *safety shoes* yang berkualitas
- e. Pastikan kecepatan mesin *forging* sesuai dengan benda kerja atau dengan melihat tabel yang tersedia pada mesin *forging* tersebut
- f. Saat ingin mengukur benda kerja, matikan dulu mesin *forging*
- g. Saat melakukan penempaan, pastikan benda kerja berada ditengah area penumbukan
- h. Jangan terlalu dekat dengan mesin *forging* yang masih aktif
- i. Gunakan alat pencapit untuk memegang benda kerja.