

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum

Dalam menempa logam didalam dunia industri baik kecil maupun menengah, sangat membutuhkan suatu inovasi berupa alat yang dapat mempermudah proses penempaan logam secara kontinu. Adapun dalam proses penempa logam secara manual mempunyai beberapa kelemahan dalam efisiensi dalam proses pengerjaannya antara lain: proses penempaan yang dilakukan secara berulang kali memerlukan tenaga lebih dari 1 orang, kemampuan para pekerja atau penempa terbatas dalam menggerakkan palu secara berulang kali, kapasitas produk tempa yang dihasilkan sangat terbatas (Abel Septiawan,et al.,2023).

Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia di definisikan bahwa “mesin adalah perkakas untuk menggerakkan atau membuat sesuatu yang dijalankan oleh roda, digerakkan oleh tenaga manusia atau penggerak menggunakan bahan bakar minyak atau tenaga alam” , dari definisi tersebut dapat kita tarik kesimpulan bahwa mesin sebagai alat yang dapat membantu meringankan pekerjaan manusia. Adapun pengertian lain yaitu “penempaan adalah proses pengelolaan logam dengan keadaan deformasi dalam panas dengan sistem pukulan”(Antonnius,et al.,2022).

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. Temperatur dan warna untuk benda kerja yang ideal adalah pada temperatur pada

suhu 800-930 derajat celsius atau pada warna yaitu berwarna merah kekuning-kuningan. Baja tidak boleh ditempa dibawah 400 derajat celcius, maka baja akan rapuh berwarna biru. Jika baja dipanaskan diatas 1200 derajat celcius maka baja akan terbakar dan tidak dapat diperbaiki lagi. Berdasarkan temperatur kerjanya, penempaan dibagi menjadi hot 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.

Tingginya sifat mampu bentuk membuat produk hasil hot forging memiliki akurasi ukuran dan kualitas permukaan yang lebih buruk dibandingkan dengan cold forging. Cold forging atau penempaan dingin merupakan proses penempaan yang dilakukan pada logam bersuhu ruang. Proses penempaan ini memerlukan gaya yang lebih besar dibandingkan dengan hot forging. Hal tersebut dikarenakan logam yang dingin memiliki kekuatan yang lebih besar dari pada logam yang panas. Syarat dari logam atau material yang dapat dikerjakan dengan cold forging yakni harus memiliki sifat mampu bentuk yang tinggi pada suhu ruang. Syarat tersebut harus dipenuhi supaya perubahan bentuk dapat terjadi tanpa timbulnya retak atau patah. Dibandingkan dengan hot forging, cold forging memiliki akurasi ukuran dan kualitas permukaan yang lebih baik.

Logam yang sering digunakan dalam penempaan adalah Logam paduan, logam besi yang berfungsi sebagai unsur dasar dicampur dengan beberapa elemen lainnya, termasuk unsur karbon.

Baja karbon digolongkan menjadi tiga kelompok berdasarkan banyaknya karbon yang terkandung dalam baja yaitu :

1. Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah (low carbon steel) mengandung karbon antara 0,025% – 0,25% C. setiap satu ton baja karbon rendah

mengandung 10 – 30 kg karbon. Baja karbon ini dalam perdagangan dibuat dalam plat baja, baja strip dan baja batangan atau profil.

2. Baja Karbon Menengah

Baja karbon menengah (medium carbon steel) mengandung karbon antara 0,25% - 0,55% C dan setiap satu ton baja karbon mengandung karbon antara 30 – 60 kg. baja karbon menengah ini banyak digunakan untuk keperluan alat-alat perkakas bagian mesin. Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung dalam baja maka baja karbon ini dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti untuk keperluan industri kendaraan, roda gigi, pegas dan sebagainya.

3. Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi (high carbon steel) mengandung kadar karbon antara 0,56% -1,7% C dan setiap satu ton baja karbon tinggi mengandung karbon antara 70 – 130 kg. Baja ini mempunyai kekuatan paling tinggi dan banyak digunakan untuk material tools. Salah satu aplikasi dari baja ini 9 adalah dalam pembuatan kawat baja dan kabel baja. Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung didalam baja maka baja karbon ini banyak digunakan dalam pembuatan pegas, alat-alat perkakas seperti: palu, gergaji atau pahat potong. Selain itu baja jenis ini banyak digunakan untuk keperluan industri lain seperti pembuatan kikir, pisau cukur, mata gergaji dan lain sebagainya.

Dengan demikian bisa kita simpulkan bahwa mesin penempa adalah alat yang dimana mempermudah dalam proses pengelolaan logam dengan sistem pukulan. Mesin ini bertujuan untuk mempermudah proses pemukulan logam yang dilakukan secara berulang menggunakan tenaga manusia. Penempaan secara konvensional tersebut kurang efektif dan sangat menguras tenaga. Waktu yang digunakan untuk penempaan yang dilakukan secara konvensional juga relatif lama. Oleh karena itu timbulah keinginan membuat alat penempa dengan memanfaatkan putaran mesin yang bersumber dari motor listrik. Mesin ini diharapkan bisa mempermudah proses penempaan logam dan membantu para penempa logam yang masih menggunakan metode tempa secara konvensional.



Gambar 2.1 Mesin Penempa Logam
(Dokumen Pribadi, 2023)

2.2 Prinsip Kerja

Adapun prinsip kerja dari mesin penempa logam dengan menggunakan metode palu penempa ini sangatlah sederhana yang dimana motor listrik sebagai sumber daya penggerak meneruskan tenaga putarnya ke puli kecil dan puli besar melalui penghubung sabuk, puli besar terhubung dengan poros utama, poros tersebut terhubung dengan roda gila yang dirangkai dengan lengan ayun bersama pemukul atau palu penempa.

2.3 Komponen

Adapun komponen-komponen yang terdapat pada mesin penempa logam menggunakan metode palu penempa antara lain :

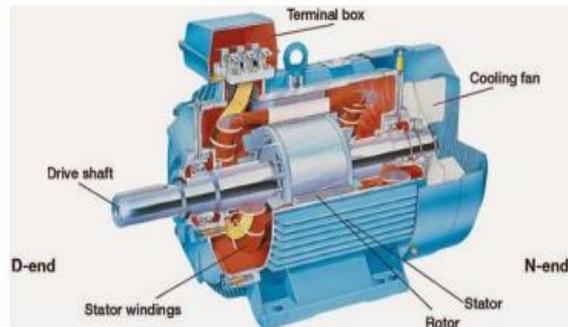
1. Motor listrik

Motor listrik merupakan sebuah perangkat yang dimana sumber tenaga penggerak dengan mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor listrik banyak ditemukan pada perangkat rumah tangga antara lain: kipas angin, pompa air, dan mesin cuci. Adapun motor listrik dikategorikan berdasarkan tegangan kerja antara lain :

a. Motor listrik arus bolak-balik

Motor listrik arus bolak balik / AC (Alternating Current) merupakan motor listrik yang menggunakan arus listrik yang

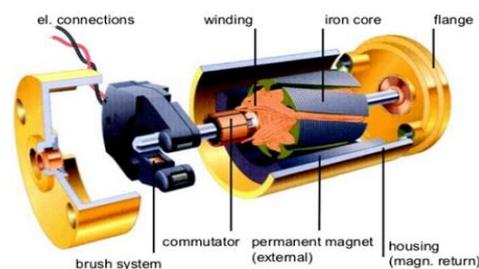
dapat membalikkan arahnya secara teratur dalam rentang waktu tertentu.



Gambar 2. 2 Motor listrik AC
(Mustaking, 2019)

b. Motor listrik arus searah

Motor listrik arus searah / DC (Direct Current) merupakan motor listrik yang digunakan pada penggunaan secara khusus dimana diperlukan penyalaan torsi yang tinggi atau percepatan yang tetap untuk kisaran kecepatan yang luas.



Gambar 2. 3 Motor listrik DC
(Otoflic.com, 2015)

Adapun motor listrik yang digunakan pada mesin penempa logam adalah jenis motor listrik arus bolak-balik (AC) berupa motor listrik 220 v (1 *Phase*).



Gambar 2. 4 Motor listrik yang digunakan.
(PT Arena Teknik, 2013)

- Rumus putaran yang digerakkan:

$$\frac{n_1}{n_2} = i$$

.....(2.1)

Dimana : n_1 = Putaran pulley penggerak (rpm)

n_2 = Putaran pulley yang digerakkan (rpm)

i = Putaran reduksi yang direncanakan

- Rumus gaya yang diperlukan (gaya sentrifugal):

$$F_{\text{sentrifugal}} = m \times \omega^2 R \text{(2.2)}$$

$$\omega = \left(\frac{2 \times \pi \times n}{60} \right)^2 \text{(2.3)}$$

Dimana : m = Massa beban (kg)

ω = Kecepatan sudut (rad/s)

R = Jari-jari lintasan (m)

- Rumus daya motor:

$$P = \frac{2 \times \pi \times n \times T}{60} \text{(2.4)}$$

$$T = F \times R \text{(2.5)}$$

Dimana : P = Daya motor (W)

n = Putaran yang diperlukan (rpm)

T = Torsi (Nm)

F = Gaya (N)

R = Jari-jari (m)

- Rumus daya rencana:

$$P_d = f_c \times P \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana : P_d = Daya rencana (W)

f_c = Faktor koreksi

P = Daya (W)

Tabel 2. 1 Faktor koreksi daya
(KiyokatsuSuga dan Sularso,1997)

Daya yang ditranmisikan	Faktor koreksi (f_c)
Daya rata-rata yang diperlukan	1,2 – 2,0
Daya maksimum yang diperlukan	0,8 – 1,2
Daya normal	1,0 – 1,5

2. Pulley

Pulley adalah cakra (disc) yang dilengkapi dengan tali, pulley biasanya terbuat dari logam maupun non logam seperti:besi tuang, plastik atau kayu. Cara kerja puli adalah meneruskan tenaga putaran dari motor listrik ke poros utama (Antonnius,et al.,2022).



Gambar 2. 5 Pulley
(Antonnius, 2022)

- Rumus diameter pulley yang digerakkan (D_2):

$$N_1 \times D_1 = N_2 \times D_2 \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana: N_1 = Putaran pulley penggerak (rpm)

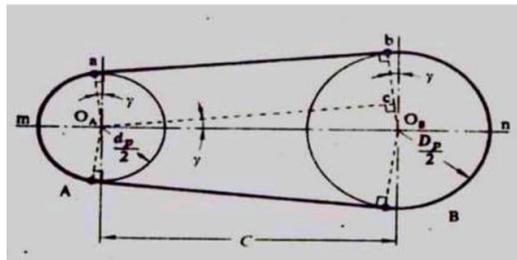
N_2 = Putaran pulley yang digerakkan (rpm)

D_1 = Diameter pulley penggerak (mm)

D_2 = Diameter pulley yang digerakkan (mm)

3. Sabuk-V

Sabuk yang digunakan dalam mesin penempa logam menggunakan metode palu penempa ini adalah sabuk-V, alasan menggunakan sabuk-V dikarenakan mudah dalam penggunaannya dan harganya terjangkau. Sabuk berfungsi untuk menghubungkan tenaga putaran dari pulley satu ke pulley lainnya (Abel Septiawan, et al., 2023)



Gambar 2. 6 Sabuk-V
(Antonius, 2022)

- Rumus panjang sabuk:

$$L = \pi(R_2 + R_1) + 2 \cdot x + \frac{(R_2 - R_1)^2}{x} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana : R_2 = Jari-jari pulley besar (mm)

R_1 = Jari-jari pulley kecil (mm)

x = Jarak antara poros pulley besar dan pulley kecil yang ditentukan (mm)

- Rumus gaya tegang sabuk sisi tegang:

$$T_1 = \frac{Tr}{R_2} \dots\dots\dots(2.9)$$

$$Tr = 9,55 \times \frac{P}{N_2} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana : T_1 = gaya tegang sabuk sisi tegang (N)

Tr = Torsi pada poros pulley besar (N mm)

R_2 = Jari-jari pulley besar (mm)

- Rumus gaya tegang sabuk sisi kendur (T_2):

$$\frac{T_1}{T_2} = e^{(\mu\theta \csc \beta)} \dots\dots\dots(2.11)$$

$$\theta = (180^\circ - 2\alpha) \times \frac{\pi}{180} \dots\dots\dots(2.12)$$

$$\sin\alpha = \left(\frac{R_2-R_1}{x}\right) \dots\dots\dots(2.13)$$

$$\csc\beta = \csc 20^\circ \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana : $e = 2,72$

μ = Koefisien gesek antara sabuk dan pulley = 0,25

θ = Sudut kontak antara sabuk dan pulley

2β = Sudut alur pada pulley = 40°

4. Poros

Poros merupakan salah satu elemen mesin yang berbentuk silindris memanjang dengan penampang yang berbentuk lingkaran (Muhammad Muldani,2017). Poros berfungsi sebagai penerus transmisi daya dari pulley menuju palu pemukul.

- Rumus diameter poros :

$$D^3 = \frac{16}{\pi \times \tau_i} \sqrt{M^2 + T^2} \dots\dots\dots(2.15)$$

$$\tau_i = \frac{T}{V} \dots\dots\dots(2.16)$$

$$M = \frac{W \times l}{2} \dots\dots\dots(2.17)$$

Dimana : D^3 = Diameter poros (mm)

τ_i = Tegangan izin bahan poros (N/mm^2)

M = Momen terbesar pada poros pulley (N mm)

T = Torsi pada poros pulley besar (N mm)

5. Bantalan

Bantalan adalah elemen mesin yang berfungsi untuk menumpu poros, sehingga putaran yang dihasilkan halus dan aman. Bantalan harus cukup kokoh sehingga dapat memungkinkan poros serta elemen lainnya bekerja dengan baik, jika bantalan tidak berfungsi sebagaimana mestinya maka kinerja dari seluruh sistem akan menurun

atau tidak bisa bekerja (Mustaking,et al.,2019). Bantalan (*bearing*) yang digunakan disesuaikan dengan poros yang akan digunakan, maka bantalan yang digunakan : *Bearing UCP (Pillow block bearing) 206*



Gambar 2. 7 Pillow bearing
(Dokumen pribadi, 2023)

6. Lengan dan palu penempa

Lengan ayun penempa merupakan elemen mesin yang berfungsi untuk menggerakkan naik dan turunnya palu penempunya. Sedangkan Palu penempa merupakan bagian terpenting dalam mesin penempa logam yang berfungsi untuk memukul logam / menempa logam yang akan dikerjakan.



Gambar 2. 8 Lengan pemukul
(Dokumen pribadi, 2023)

7. Rangka mesin penempa logam

Rangka mesin merupakan bagian yang berfungsi untuk menumpu beban komponen-komponen dari mesin, sehingga mesin

dapat bekerja dengan baik (Antonnius,et al.,2022). Bahan yang digunakan pada rangka mesin ini adalah baja siku.



Gambar 2. 9 Rangka mesin
(Dokumen pribadi, 2023)

Rumus tegangan yang terdapat di kerangka:

$$F = m \times g \dots\dots\dots(2.18)$$

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(2.19)$$

$$\sigma_{ib} = \frac{\sigma_b}{v} \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana: F = Gaya berat benda (N)

m = Massa benda (Kg)

g = Gaya gravitasi (m/s^2)

σ = Tegangan tekan beban (N/mm^2)

A = Luas penampang (mm^2)

σ_{ib} = Tegangan izin benda (N/mm^2)

v = Faktor keamanan

- yang dimana faktor keamanan :

Beban statis : 1,25 – 2

Beban dinamis : 2 – 3

Beban kejut : 4 – 5

2.4 Jenis - jenis proses pengerjaan

Dalam proses permesinan atau pembuatan terdapat beberapa cara proses permesinan antara lain: pengeboran, penggerindaan, dan pengelasan.

a. Proses Pengeboran

Pengeboran adalah proses menghasilkan lubang berbentuk bulat dengan menggunakan pemotong berputar yang dimana disebut bor, pengeboran memiliki fungsi untuk membuat lubang, membesarkan lubang.



Gambar 2. 10 Mesin bor
(tekniktempur.blogspot.com, 2018)

$$n = \frac{1000 \times V_c}{\pi \times d} \dots\dots\dots(2.21)$$

Dimana: n = Banyak Putaran (rpm).

V_c = Kecepatan Potong (m/menit).

d =Diameter mata bor (mm).

- Rumus perhitungan waktu pengeboran :

$$T_m = \frac{L}{S_r \times n} \dots\dots\dots(2.22)$$

$$L = l + 0,3.d \dots\dots\dots(2.23)$$

Dimana : T_m = Waktu Pengerjaan (menit).

L = Kedalaman Pengeboran (mm).

l = Kedalaman awal.

d = diameter mata bor.

S_r = Ketebalan Pemakanan (mm).

b. Proses Penggerindaan

Penggerindaan adalah proses pekerjaan yang berupa memotong dan juga dapat menghaluskan permukaan suatu benda kerja yang disesuaikan dengan mata gerinda yang dipakai.



Gambar 2. 11 Gerinda
(<https://doyock-online.blogspot.com>, 2013)

$$n = \frac{1000 \times V_c \times 60}{\pi \times d} \dots\dots\dots(2.24)$$

Dimana: n : Putaran Mesin (rpm).

V_c : Kecepatan keliling (m/detik).

d : Diameter mata gerinda (mm).

- Rumus perhitungan waktu Penggerindaan:

$$T_m = \frac{t_g \times l \times t_b}{s_r \times n} \dots\dots\dots(2.25)$$

Dimana: n = Putaran Mesin (rpm).

T_m = Waktu Pengerjaan (menit).

T_g = Tebal Mata Gerinda (mm).

l = Panjang Bidang Pemotongan (mm).

t_b = Ketebalan Benda Kerja (mm).

S_r = Ketebalan pemakanan (mm/putaran)

c. Proses Pengelasan

Pengelasan adalah proses penyambungan logam menjadi satu akibat panas dengan atau tanpa pengaruh tekanan atau dapat didefinisikan sebagai ikatan metalurgi.



Gambar 2. 12 Mesin las
(monotoro.id, 2015)

- Rumus Perhitungan Waktu Pengelasan:

$$T_m = \frac{l}{v} \dots\dots\dots(2.26)$$

Dimana : T_m = Waktu Pengerjaan (detik)

l = Panjang Bagian Pengelasan (mm)

v = Kecepatan Pengelasan (mm/detik).

- Yang dimana kecepatan (v) dapat ditentukan dengan membagi ukuran kawat las dengan waktu pengerjaan selama 1 detik

$$v = \frac{\text{Ukuran kawat}}{1 \text{ detik}} \dots\dots\dots(2.27)$$

2.5 Perawatan

Perawatan adalah sebuah usaha untuk menghilangkan dari faktor-faktor yang menyebabkan menimbulkan kerusakan dan dapat memungkinkan meningkatkan kondisi peralatan menjadi lebih baik. Perawatan dilakukan dengan prosedur yang tepat sehingga dapat alat beserta komponen-komponennya berumur panjang, dan dapat digunakan sebagai referensi untuk mengetahui kerusakan yang akan mungkin terjadi, sehingga dapat mencegah sebelum terjadinya kerusakan (Yunus,2011).

Suatu mesin atau alat memerlukan perawatan secara teratur atau terjadwal, adapun tujuan dari perawatan mesin atau alat adalah sebagai berikut :

1. Mesin dapat beroperasi dengan baik dan lancar, sehingga tidak mengganggu proses produksi.

2. Memperpanjang waktu pemakaian mesin atau peralatan.
3. meminimalisasi biaya total produksi yang berhubungan secara langsung dengan biaya pelayanan.

Pada umumnya kegiatan perawatan terbagi menjadi dua antara lain perawatan terencana atau pencegahan dan perawatan tanpa rencana.

a. Perawatan Pencegahan (*Preventif Maintenance*)

Perawatan pencegahan merupakan perawatan yang dilakukan secara teratur dan terencana untuk mencegah penurunan kondisi suatu mesin atau alat. Perawatan pencegahan bertujuan untuk : mencegah terjadinya kerusakan akibat penggunaan yang teratur, mengetahui gejala kerusakan yang akan terjadi.

b. Perawatan Tanpa Rencana

Perawatan tanpa rencana merupakan perawatan yang dilakukan secara tiba-tiba atau tanpa adanya rencana, dimana kerusakan terjadi ketika suatu alat sedang bekerja atau beroperasi.