

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 penempaan panas dan penempaan dingin. penempaan panas merupakan proses penempaan yang dilakukan pada logam bersuhu tinggi (panas). Proses penempaan panas 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, penempaan panas relatif memerlukan gaya yang lebih kecil dibanding penempaan dingin. Tingginya sifat mampu bentuk membuat produk hasil penempaan panas memiliki akurasi ukuran dan kualitas permukaan yang lebih buruk dibandingkan dengan penempaan dingin. Penempaan dingin merupakan proses penempaan yang dilakukan pada logam bersuhu ruang. Proses penempaan ini memerlukan gaya yang lebih besar dibandingkan dengan penempaan panas. Hal tersebut dikarenakan logam yang dingin memiliki kekuatan yang lebih besar daripada logam yang panas. Syarat dari logam atau material yang dapat dikerjakan dengan penempaan dingin 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 penempaan panas, penempaan dingin 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. 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. 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. 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. Oleh karena itu timbulah keinginan membuat alat penempa dengan memanfaatkan putaran mesin yang bersumber dari motor listrik.

Adapun tinjauan hasil-hasil penelitian sebelumnya yang relevan dengan topik penulis ialah penelitian yang dilakukan oleh Adriansyah, Junaidi, Aidil Zamri (2013) Politeknik Negeri Padang Kampus Unand dengan judul **“Rancang Bangun Mesin Tempa Sistem Spring Hammer Untuk Peningkatan Kualitas dan Produktivitas Logam Tempa Pada Industri**

Kecil Pandai Besi” Tempa merupakan proses pengolahan logam dengan perubahan bentuk dalam keadaan panas dengan system pukulan produk yang dihasilkan industri pandai besi seperti parang, pisau, cangkul, dodos, alat kebutuhan rumah tangga, pertanian, maupun peralatan untuk hasil pertanian dan perkebunan. Mesin yang dihasilkan menggunakan kopling gesek sebagai penerus dan penghenti putaran, dan mesin menggunakan roda eksentrik sebagai pemegang poros pegas, sehingga pegas akan menggerakkan turun naik palu tempa. Semakin cepat tarikan pegas turun naik maka akan semakin besar tekanan yang diberikan palu tempa.

Penelitian lainnya yaitu penelitian yang dilakukan oleh Seno Darmanto, Didik Purwadi, Hartono, Mohd. Ridwan, Didik Ariwibowo, Alaya Fadllu Hadi Mukhamad (2020) Departemen Teknologi Industri, sekolah Vokasi Universitas Diponegoro, Departemen Sipil dan Perencanaan, Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro. Dengan judul **“Aplikasi Mesin Tempa Mini di Industri Pande Besi”** Kegiatan pengabdian skim PUKM bagi kelompok industri pande besidilakukan untuk meningkatkan kualitas produksi dan manajemen berbasis ekspor. Ada puluhan industry pande besi baik skala besar, menengah dan kecil di rejosari pakis magelang jawa tengah dan salah satunya tergabung di kelompok mijil karya. Pengembangan kelengkapan sarana anggota industri pande besi dan mebel bambu berukir. Dan untuk mencapai kapasitas/produktifitas dan kualitas produk pande besiberbasis muatan local dan dengan pangsa pasar local dan nasional (ekspor), tim pengabdian Menyusun Langkah kerja atau kegiatan pengabdian meliputi pendalaman manajemen pengelolaan perusahaan terutama pada aliran bahan atau barang dan keuangan, pendalaman akan perbaikan dan penyempurnaan unit produksi, melengkapi showroom untuk pendukung pemasaran, Pelaksanaan di industry mitra dan merumuskan indicator keberhasilan. Perancangan mesin tempa system hammer meliputi, rancangan desain mesin secara keseluruhan, rancangan komponen, perhitungan pully, perhitungan daya motor, perhitungan daya sabuk, perhitungan daya poros, perhitungan kekuatan las dan analisa roda gila.

2.2 Prinsip Kerja

Adapun prinsip kerja dari mesin penempa logam dengan menggunakan sistem penggerak motor listrik 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 sistem penggerak motor listrik 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. 1 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 penyalan torque yang tinggi atau percepatan yang tetap untuk kisaran kecepatan yang luas.



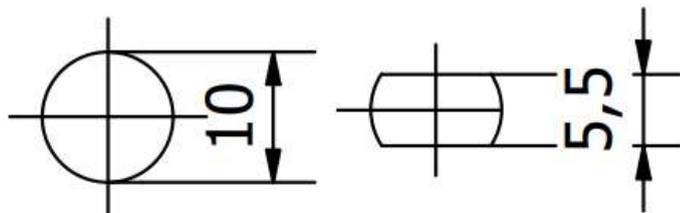
Gambar 2. 2 Motor listrik DC (Otoflic.com, 2015)

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. 3 Motor listrik yang digunakan (Dokumen pribadi, 2023)

- Bahan yang digunakan untuk penempaan adalah baja tulangan polos diameter 10 mm dengan kekuatan tarik minimal 350 N/mm^2 dan dengan tegangan luluh 400 N/mm^2 .



Gambar 2. 4 Perubahan objek yang ditempa (Dokumen Pribadi,2023)

Dalam penempaan selama 60 detik terjadi deformasi pada objek sebesar 5,5mm dari 10mm, atau selisihnya adalah 4,5mm dalam 60 detik penempaan, selanjutnya untuk menghitung berapa pukulan perdetik dibutuhkan rpm pada poros akhir, dan dalam 1 kali pukulan berapa perubahan ketebalan yang terjadi pada objek (mm).

$$f = \frac{n}{t} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$\Delta l = \frac{l}{n} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana: f = Frekuensi (Hz)

n = Putaran yang direncanakan (rpm)

t = waktu (detik)

Δl = perubahan ketebalan objek dalam satu pukulan (mm)

l = Deformasi akhir objek (mm)

- Rumus mencari gaya yang diperlukan untuk menghasilkan perubahan deformasi pada objek:

$$\Delta l = \frac{F \times l}{A \times E} \implies F = \frac{\Delta l \times A \times E}{l} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana: F = Gaya yang diperlukan untuk menghasilkan perubahan deformasi pada objek (N)

Δl = Perubahan ketebalan objek dalam satu kali pukulan (mm)

A = Luas penampang pemukul (mm)

E = Modulus elastisitas bahan (Gpa)

l = Diameter bahan yang ditempa (mm)

- Rumus mencari gaya total yang dibutuhkan pada sistem:

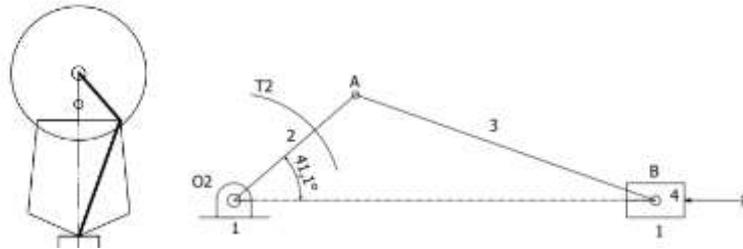
$$F = F_m + F_k \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana: F = Gaya total yang dihasilkan (N)

F_m = Gaya mesin yang dihasilkan oleh mesin diperlukan untuk menghasilkan perubahan deformasi pada objek (N)

Fk = Gaya komponen yang diberikan oleh komponen (N)

- Mencari torsi pada lengan penempa menggunakan analisa mekanisme engkol peluncur



Gambar 2. 5 FBD engkol peluncur (Dokumen pribadi, 2023)

Dimana: O2A = 14 cm (Jarak O2 ke A)

AB = 27,58 cm (Jarak A ke B)

P = 206,5 N (Gaya yang diperlukan untuk menempa)

- Rumus daya motor:

$$P = \frac{2 \times \pi \times n \times T}{60} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana: P = Daya motor (W)

n = Putaran yang diperlukan (rpm)

T = Torsi (Nm)

Fm = Gaya mesin yang dihasilkan oleh mesin (N)

R = Jari-jari (m)

- Rumus daya rencana:

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

Dimana: Pd = Daya rencana (W)

Fc = Faktor koreksi

P = Daya (W)

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

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

2. Puli

Puli adalah cakera (disc) yang dilengkapi dengan tali, puli 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. 6 Puli (Antonnius, 2022)

- Rumus diameter puli yang digerakkan (D2):

$$N1 \times D1 = N2 \times D2 \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana: N1 = Putaran Puli penggerak (rpm)

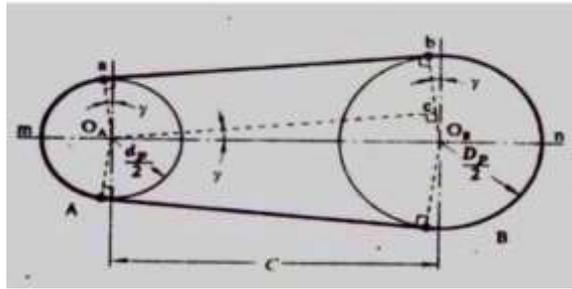
N2 = Putaran Puli yang digerakkan (rpm)

D1 = Diameter Puli penggerak (mm)

D2 = Diameter Puli yang digerakkan (mm)

3. Sabuk-V

Sabuk yang digunakan dalam mesin penempa dengan menggunakan sistem penggerak motor listrik ini adalah sabuk-V, alasan menggunakan sabuk-V dikarenakan mudah dalam penggunaannya dan harganya terjangkau. Sabuk berfungsi untuk menghubungkan tenaga putaran dari puli satu ke puli lainnya (Abel Septiawan, et al., 2023)



Gambar 2. 7 Sabuk-V (Antonnius, 2022)

- Rumus panjang sabuk:

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

Dimana: R2 = Jari-jari Puli besar (mm)

R1 = Jari-jari Puli kecil (mm)

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

- Rumus gaya tegang sabuk sisi tegang:

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

Dimana: T1 = gaya tegang sabuk sisi tegang (N)

Tr = Torsi pada poros Puli besar (N mm)

R2 = Jari-jari Puli besar (mm)

- Rumus gaya tegang sabuk sisi kendur (T2):

$$\frac{T_1}{T_2} = e^{(\mu\theta \csc \beta)} \dots\dots\dots(2.10)$$

$$\theta = (180^\circ - 2\alpha) \times \frac{\pi}{180} \dots\dots\dots(2.11)$$

$$\sin \alpha = \left(\frac{R_2-R_1}{x} \right) \dots\dots\dots(2.12)$$

$$\csc \beta = \csc 20^\circ \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana: e = 2,72

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

θ = Sudut kontak antara sabuk dan puli

2β = Sudut alur pada puli = 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 puli menuju palu pemukul.

- Rumus diameter poros :

$$D^3 = \frac{16}{\pi \times \tau_i} \sqrt{M^2 + T^2} \dots\dots\dots(2.14)$$

$$\tau_i = \frac{T}{V} \dots\dots\dots(2.15)$$

$$M = \frac{W \times l}{2} \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana: D^3 = Diameter poros (mm)

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

M = Momen terbesar pada poros puli (N mm)

T = Torsi pada poros puli 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 (*holl*) yang digunakan disesuaikan dengan poros yang akan digunakan, maka bantalan yang digunakan: *Bearing UCP (Pillow block bearing) 206* dan *UCP 204*.



Gambar 2. 8 Bantalan duduk (Dokumen pribadi, 2023)

6. Lengan dan palu penempa

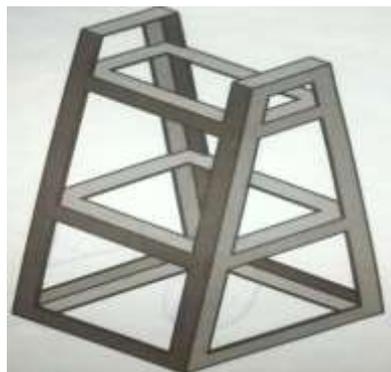
Lengan ayun penempa merupakan elemen mesin yang berfungsi untuk menggerakkan naik dan turunnya palu penempanya. Sedangkan Palu penempa merupakan bagian terpenting dalam mesin penempa logam yang berfungsi untuk memukul logam/menempa logam yang akan dikerjakan.



Gambar 2. 9 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 (Antonius,et al.,2022). Bahan yang digunakan pada rangka mesin ini adalah baja siku.



Gambar 2. 10 Rangka mesin (Dokumen pribadi, 2023)

Rumus tegangan yang terdapat di kerangka:

$$F = m \times g \dots \dots \dots (2.17)$$

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (2.18)$$

$$\sigma_{ib} = \frac{\sigma_b}{v} \dots \dots \dots (2.19)$$

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. 11 Mesin bor (tekniktempur.blogspot.com, 2018)

$$n = \frac{1000 \times Vc}{\pi \times d} \dots \dots \dots (2.20)$$

Dimana: n = Banyak Putaran (rpm).

V_c = Kecepatan Potong (m/menit).

d = Diameter mata bor (mm).

- Rumus perhitungan waktu pengeboran :

$$T_m = \frac{L}{S_r \times n} \dots\dots\dots(2.21)$$

$$L = l + 0,3 \cdot d \dots\dots\dots(2.22)$$

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

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



Gambar 2. 12 Gerinda (<https://doyock-online.blogspot.com>, 2013)

$$n = \frac{1000 \times V_c \times 60}{\pi \times d} \dots\dots\dots(2.23)$$

Dimana: n = Putaran Mesin (rpm).

V_c = Kecepatan keliling (m/detik).

d = Diameter mata gerinda (mm).

- Rumus perhitungan waktu Penggerindaan:

$$T_m = \frac{t_g \times l \times t_b}{s_r \times n} \dots\dots\dots(2.24)$$

Dimana: n = Putaran Mesin (rpm).

T_m = Waktu Pengerjaan (menit).

T_g = Tebal Mata Gerinda (mm).

l = Panjang Bidang Pemoangan (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. 13 Mesin las (monotoro.id, 2015)

- Rumus Perhitungan Waktu Pengelasan:

$$T_m = \frac{l}{v} \dots\dots\dots(2.25)$$

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

$$v = \frac{\text{Ukuran kawat}}{1 \text{ detik}} \dots\dots\dots(2.26)$$

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 pgunan 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.