

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

1.1 Kajian Pustaka

Menurut Saputra *et al.* (2021), Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh vibrasi terhadap kekasaran permukaan selama penggerindaan silinder. Metode yang digunakan adalah metode *Taguchi*. Berbagai parameter proses gerinda silinder meliputi kecepatan putaran benda kerja dan kedalaman potong. Studi ini menunjukkan bahwa semakin cepat kecepatan putaran benda kerja dan kedalaman potong, semakin tinggi getaran dan kekasaran permukaan sehingga mengetahui besarnya getaran yang mengakibatkan tingkat kekasaran permukaan pada material baja S45C.

Menurut Thursina (2018), Studi ini bertujuan untuk melakukan identifikasi bahaya dan penilaian risiko bagi operator penggiling. Pendekatan *Systematic Human Error Reduction and Prediction (SHERPA)* digunakan dalam penelitian ini. Untuk menentukan *error* dalam identifikasi bahaya termasuk fase tugas, mode kesalahan, deskripsi kesalahan, analisis konsekuensi, dan analisis pemulihan. Standar AS/NZS 4360: 2004 digunakan untuk menentukan skala matriks keparahan, kemungkinan dan eskalasi dalam penilaian risiko, termasuk analisis frekuensi, analisis keparahan dan analisis kekritisannya, yang menghasilkan tingkat risiko pada setiap tahap misi. Identifikasi bahaya pada proses gerinda, antara lain material jatuh, kondisi material tidak stabil, roda gerinda retak, batu gerinda tidak sesuai spesifikasi mesin gerinda, dan sebaliknya, putaran roda gerinda dengan kecepatan tinggi, dan lain-lain. Penilaian risiko fase misi adalah tingkat rendah (*low risk*), yaitu hingga 6 deskripsi kesalahan, menunjukkan bahwa risiko dapat diterima dan tidak perlu diambil tindakan; risiko sedang, deskripsi kesalahan 31, menunjukkan kewaspadaan lebih, dan merekomendasikan tindakan korektif dengan manfaat biaya. Dan risiko tinggi (*highrisk*) hingga 12 deskripsi kesalahan, yaitu memeriksa material yang akan digiling, kecepatan mesin dan batu gerinda, dan
lain-lain.

2.2 Proses Pembubutan

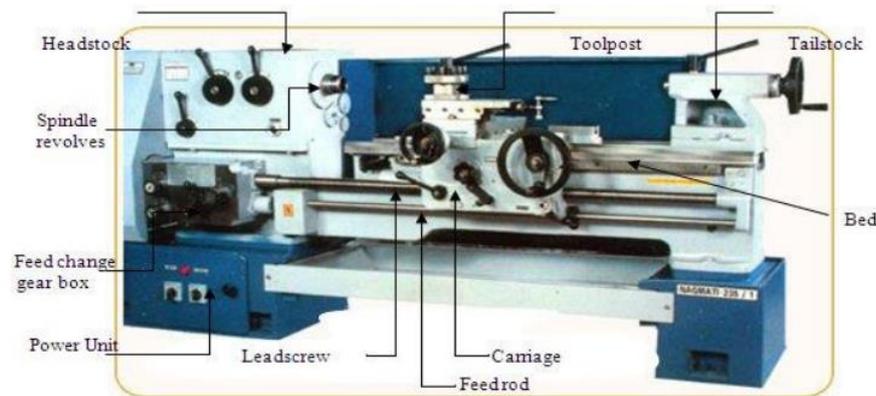
2.2.1 Mesin Bubut

Menurut Kelen *et al.* (2020), Mesin bubut adalah mesin perkakas yang dipakai sebagai alat pemotong atau pengkikis benda kerja dengan sayatan pada benda kerja menggunakan mata pahat yang bergerak secara translasi dan sejajar dengan sumbu benda kerja. Prinsip kerja mesin bubut ialah dengan memotong atau membuang benda kerja dengan tujuan mendapat bentuk tertentu, dimana benda kerja berputar dengan kecepatan putaran dan pemakanan tertentu sambil pahat memakan benda kerja.

2.2.2 Bagian-Bagian Utama Mesin Bubut

Menurut Kelen *et al.* (2020), pada dasarnya mesin bubut terdiri dari beberapa komponen utama antara lain meja mesin, *headstock* (kepala tetap), *tailstock* (kepala lepas), *compound slide* (eretan atas), *cross slide*, *toolpost* (penjepit pahat), *leadscrew* (sumbu transporter), dan lain-lain.

Gambar berikut ini diperlihatkan nama-nama bagian atau komponen yang umum dari mesin bubut:



Gambar 2.1 Bagian-Bagian Mesin Bubut (Kelen *et al.*, 2020)

Fungsi masing-masing bagian mesin bubut ialah sebagai berikut:

- a. *Tailstock* sebagai pengencang ujung benda kerja yang letaknya berseberangan dengan chuck (pencekam) selama proses pembubutan berlangsung.

- b. *Lead crew* adalah poros berulir panjang yang sejajar dengan bangku dan memanjang dari kepala tetap sampai ekor tetap. Bisa diputar jika dipasang pada kepala tetap dengan roda gigi. Dipasang ke truk dan berfungsi sebagai ulir pengarah, membuat ulir sendiri dan dapat dilepas jika tidak digunakan.
- c. *Feedrod* terletak di bawah ulir pengarah dan mempunyai fungsi sebagai penghantar daya dari roda gigi pengubah cepat untuk menggerakkan apron dalam arah melintang atau memanjang.
- d. *Carriage* terdiri dari komponen tempat eretan, dudukan pahat, dan apron. Karena harus menyangga dan mengarahkan pahat pemotong, konstruksinya kuat. Dilengkapi dengan dua slide lintasan.
- e. *Toolpost* mempunyai fungsi sebagai tempat letak pahat bubut yang dikencangkan menggunakan pengencang pahat.
- f. *Headstock* adalah tempat mengatur transmisi gerak dan mengatur putaran mesin bubut sesuai yang diharapkan.

2.3 Proses Penggerindaan

2.3.1 Mesin Gerinda

Menurut Widarto *et al.* (2008), Mesin gerinda merupakan alat perkakas yang digunakan untuk mengasah atau memotong benda kerja menggunakan metode khusus. Cara kerja mesin gerinda melibatkan rotasi batu gerinda yang bersentuhan dengan benda kerja, menghasilkan aksi pengikisan, penajaman, pengasahan, atau pemotongan.

2.3.2 Mesin Gerinda Silindris

Menurut Gunanto dan Pramono (2019), mesin gerinda silindris ialah alat yang pemakaiannya sebagai penghalusan benda kerja dengan menggunakan batu gerinda yang berputar. Dalam mesin gerinda silindris ini terdapat empat komponen utama penyusunnya, yaitu gerak meja memanjang, gerak putar benda kerja, gerak putar roda gerinda, dan gerak pemakanan.

Penggunaan mesin gerinda silindris yaitu untuk menggerinda bahan-bahan yang berbentuk silindris. Penggerindaan silindris dapat dilakukan untuk

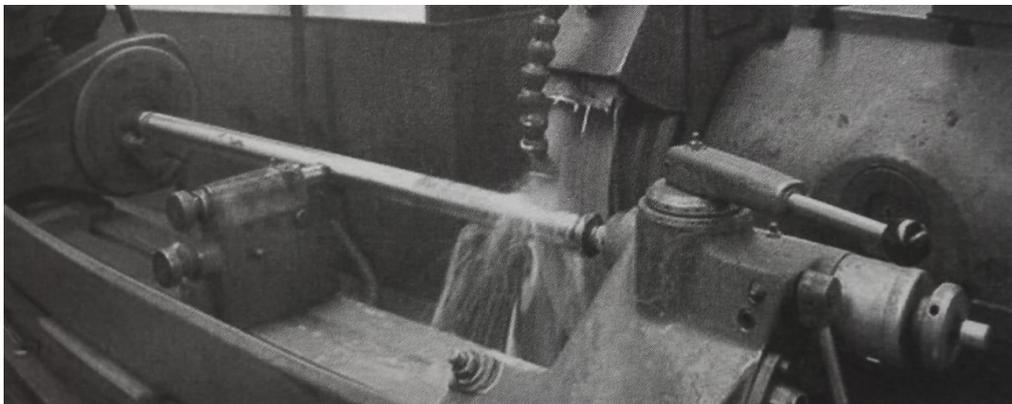
penggerindaan bagian luar (*external grinding*) atau penggerindaan dalam (*internal grinding*).

2.3.3 Gerinda Silindris Luar

Menurut Gunanto dan Pramono (2019), ada beberapa macam mesin gerinda silindris yang akan dijumpai di bengkel atau industri dengan skala ukuran yang berbeda salah satunya gerinda silindris luar.

Adapun metode pemakanan pada proses gerinda silindris luar dibagi menjadi empat yaitu sebagai berikut:

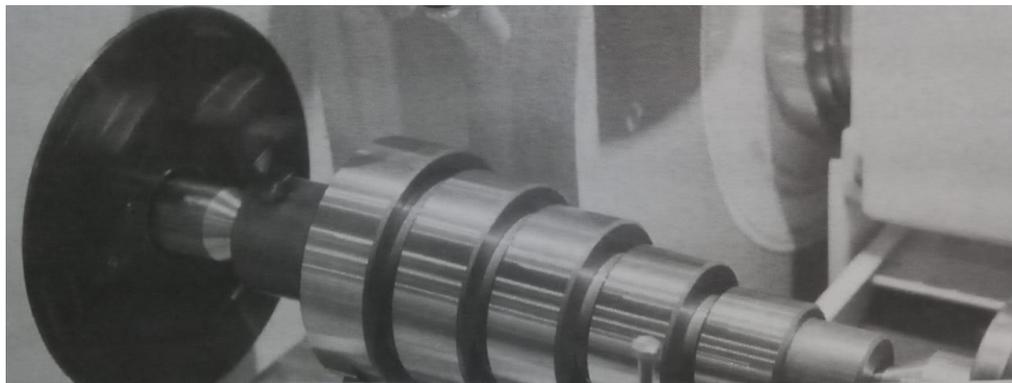
1. Penggerindaan Memanjang Diameter Luar Silindris di Antara Dua *Centre*



Gambar 2.2 Penggerindaan Memanjang (Sugiyanto, 2020)

Metode penggerindaan ini dilakukan secara horizontal dengan gerakan batu gerinda searah atau sejajar dengan permukaan poros atau benda kerja.

2. Penggerindaan Tegak Lurus

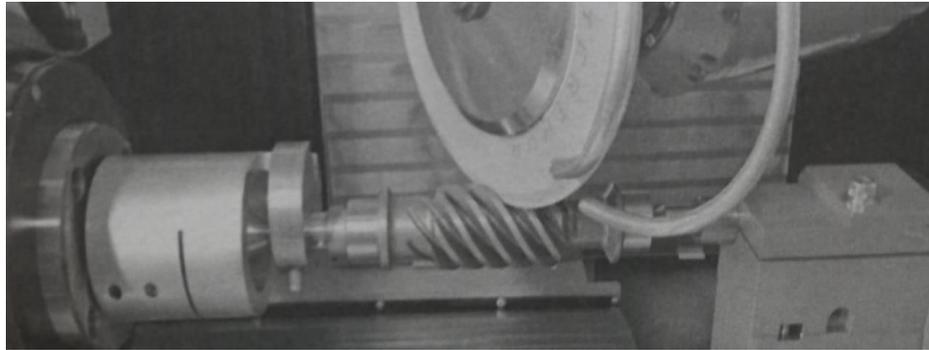


Gambar 2.3 Penggerindaan Tegak Lurus (Sugiyanto, 2020)

Penggerindaan silindris, konis, dan bertingkat menggunakan penggerindaan tegak lurus. Bidang yang akan di gerinda tidak boleh lebih panjang daripada tebal

batu gerinda. Tidak ada langkah jangka panjang dalam penggerindaan ini. Metode penggerindaan ini dikenal sebagai penggerindaan *infeed*.

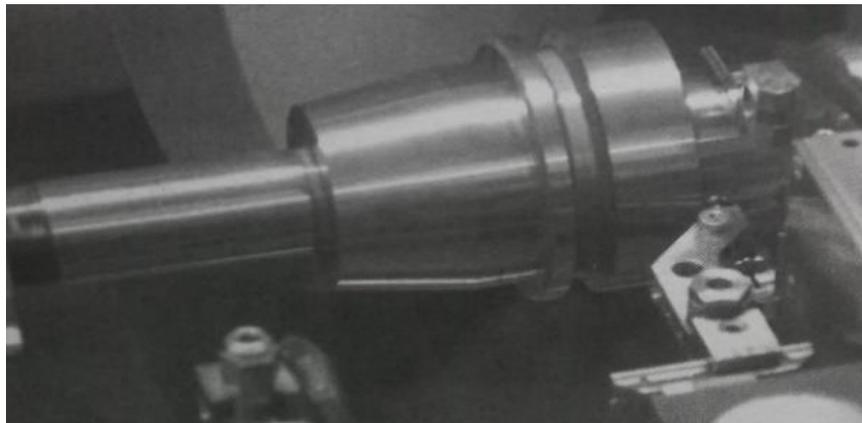
3. Penggerindaan Bentuk



Gambar 2.4 Penggerindaan Bentuk (Sugiyanto, 2020)

Penggerindaan bentuk prinsipnya sama dengan penggerindaan tegak lurus. Perbedaan terletak pada bentuk batu gerinda yang dibentuk.

4. Penggerindaan Tirus Luar

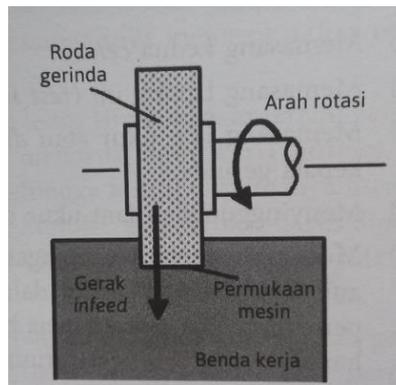


Gambar 2.5 Penggerindaan Tirus Luar (Sugiyanto, 2020)

Penggerindaan ini dilakukan dengan cara menggeser meja bagian atas. Penggerindaan dilakukan seperti penggerindaan silindris memanjang.

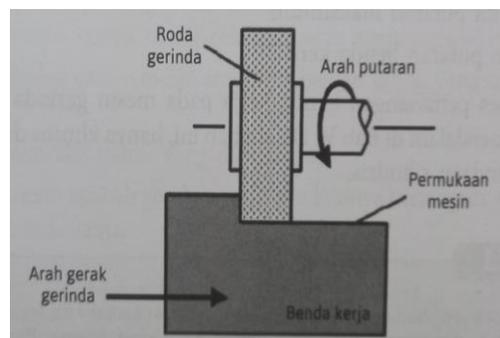
2.3.4 Proses Penggerindaan Silindris

Menurut Sugiyanto (2020), secara garis besar, prinsip pemakanan proses penggerindaan silindris adalah arah pemakanan secara *plunge* atau *infeed* dan arah pemakanan secara *traverse* atau *crossfeed*.



Gambar 2.6 Skema Proses Pemakanan Secara *Infeed* (Sugiyanto, 2020)

Arah pemakanan secara *plunge* atau *infeed* juga disebut *infeed grinding*, suatu proses pemesinan komponen silindris atau poros dimana pada proses ini roda gerinda bergerak secara radial ke arah pekerjaan (tegak lurus sumbu poros atau benda kerja) dan tidak meninggalkan pola alur spiral. Pada proses *infeed grinding* ini, arah pemakanan batu gerinda adalah menuju ke dalam atau mengarah ke sumbu benda kerja.



Gambar 2.7 Skema Proses Pemakanan Secara *Traverse* (Sugiyanto, 2020)

Proses pemakanan secara *traverse* atau *crossfeed* juga disebut *crossfeed grinding* merupakan proses pemesinan pada gerinda silindris dimana pada proses ini roda gerinda bergerak searah atau sejajar dengan permukaan atau sumbu benda kerja.

2.4 Batu Gerinda

Menurut Sugiyanto (2020), batu gerinda adalah alat yang digunakan untuk mempertajam dan menghaluskan bahan. Metode penyayatannya mirip dengan penyayatan pisau milling, tetapi sangat halus dan tatalnya tidak terlihat seperti milling. Tatal hasil penggerindaan ini sekecil debu.

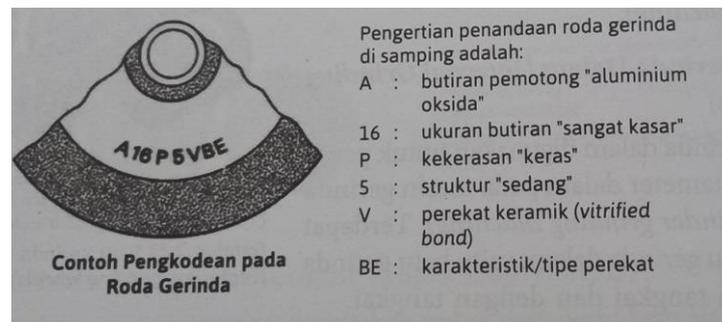
Menurut Gunanto dan Pramono (2019), batu gerinda banyak digunakan di bengkel-bengkel pengerjaan logam. Beberapa macam bentuk batu gerinda seperti silindris, roda, cakram, piringan, konis, dan mangkuk. Fungsi batu gerinda ialah:

- a. Sebagai penggerindaan silindris, datar, dan profil
- b. Membuang permukaan yang tidak rata
- c. Melakukan *finishing* permukaan
- d. Sebagai pemotongan
- e. mempertajam alat-alat potong

2.4.1 Pengkodean Batu Gerinda Berdasarkan Jenisnya

Menurut Sugiyanto (2020), dalam pemakaian batu gerinda harus disesuaikan dengan karakteristik benda yang akan dikerjakan. Hal ini dilakukan agar dalam proses pengerjaan bisa diperoleh hasil produk yang telah direncanakan. Demikian juga sebaliknya, jika dalam pemakaian batu gerinda tidak sesuai dengan karakteristik batu gerinda dan karakter benda maka hasil akhir dari benda kerja yang dihasilkan tidak maksimal, bahkan bisa merusak benda kerja serta batu gerinda itu sendiri.

Untuk mengantisipasi hal tersebut, diberilah kode atau standar untuk setiap batu gerinda. Setiap produsen wajib mencantumkan kode standar batu gerinda. Pemberian kode ini bertujuan agar pengguna mengetahui spesifikasi utama yang ada pada batu gerinda tersebut di antaranya jenis butiran abrasif, ukuran butiran abrasif, jenis perekat, tingkat kekerasan, dan strukturnya. Selain itu, sebuah batu gerinda juga diberi identitas lain yaitu ukuran (diameter luar, diameter dalam, dan ketebalan) dan merk pabrik pembuatnya. Berikut contoh pengkodean batu gerinda beserta arti dari masing-masing kode.



Gambar 2.8 Kode Batu Gerinda (Sugiyanto, 2020)

Untuk lebih jelas mengenai maksud dari masing-masing kode yang ada pada batu gerinda dapat dilihat pada penjelasan gambar 2.18 berikut.

A 16 P 5 V BE



Gambar 2.9 Arti Kode Batu Gerinda (Sugiyanto, 2020)

2.4.2 Pemilihan Batu Gerinda

Menurut Gunanto dan Pramono (2019), pemilihan roda gerinda biasanya berdasarkan pada:

- a. Bahan dan kekerasan benda yang digerinda.

Roda gerinda yang terbuat dari aluminium oksida digunakan untuk bahan yang memiliki kekuatan tarik rendah. Bahan-bahan seperti baja karbon, besi tempa, perunggu kenyal, tungsten, baja campuran, dan lain-lain memiliki kekuatan tarik tinggi. Gunakan roda gerinda silikon karbida dan roda gerinda keras untuk bahan yang lunak dan lunak untuk bahan yang keras.

- b. Volume bahan yang digerinda.

Roda gerinda berbutir halus digunakan untuk bahan yang lebih sedikit (tipis untuk finishing) dan bahan yang keras jika bahan buangan bervolume besar dan kasar.

c. Besarnya busur singgungan antara roda gerinda dan benda kerja.

Gunakan roda gerinda yang keras dengan butiran halus untuk busur singgungan kecil atau sedikit karena busur singgungan besar menandakan luasan gesekan yang luas, yang menyebabkan roda gerinda aus dengan cepat.

d. Kekerasan batu gerinda.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi tingkat kekerasan batu gerinda yaitu sebagai berikut:

1. Konstruksi mesin
2. Kecepatan potong benda kerja. Kecepatan potong adalah faktor yang berubah-ubah dan mempengaruhi dalam pemilihan tingkat kekerasan batu gerinda.
3. Kecepatan putar batu gerinda.

2.5 Komponen Mesin yang Digunakan

Adapun komponen mesin yang digunakan dalam pembuatan alat gerinda silindris adalah sebagai berikut:

a. Pelat dan Pipa Besi

Menurut Hayatunnufus *et al.* (2018), pelat besi merupakan suatu unsur besi berupa pelat baik pelat lembaran maupun pelat strip dengan tebal antara 3 mm sampai dengan 60 mm. Pelat lembaran terdapat dengan lebar antara 150 mm sampai dengan 4300 mm dengan panjang 3 sampai dengan 6 meter. Sedangkan, pelat strip biasanya dengan lebar 600 mm dengan panjang 3 sampai dengan 6 meter.

Pipa besi merupakan salah satu material bangunan yang banyak diterapkan oleh para kontraktor untuk keperluan dalam membikin bangunan seperti rumah, perkantoran, rumah makan, dan masih banyak lagi. Pipa yang dikala ini banyak diminati oleh masyarakat yaitu besi pipa karena dirasa lebih tahan lama dan lebih kuat.



Gambar 2.10 Pelat Besi (Kalniawan *et al.*, 2023)

b. Motor Listrik

Menurut Sundari *et al.* (2017), motor listrik adalah jenis mesin konversi yang prinsip kerjanya merubah energi dari listrik menjadi mekanik. Penggunaannya sangat banyak dalam kehidupan sehari-hari, baik rumah tangga maupun industri. Berbeda dari mesin pembangkit energi mekanik lainnya, motor listrik mempunyai bermacam kelebihan, mudahnya dalam pemakaiannya serta perawatannya yang tidak kompleks.



Gambar 2.11 Motor Listrik (Kalniawan *et al.*, 2023)

c. Bantalan (*Bearing*)

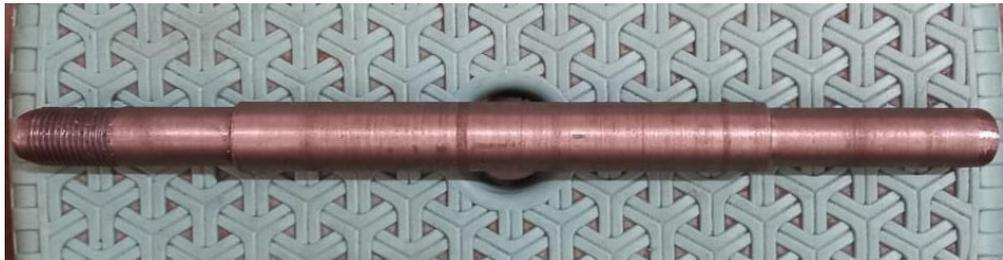
Menurut Yudistirani *et al.* (2018), bantalan adalah elemen mesin yang mampu menumpu poros berbeban, sehingga putaran atau gerakan bolak-baliknya dapat berlangsung secara halus dan aman. Bantalan harus cukup kokoh untuk memungkinkan poros serta elemen mesin lainnya bekerja dengan baik. Jika bantalan tidak bekerja dengan baik maka prestasi seluruh sistem pada mesin akan menurun atau tidak dapat bekerja dengan semestinya.



Gambar 2.12 Bantalan (Kalniawan *et al.*, 2023)

d. Poros

Menurut Choerullah (2018), poros adalah suatu bagian stasioner yang berputar, biasanya berpenampang bulat dimana terpasang elemen-elemen seperti roda gigi (*gear*), *pulley*, *flywheel*, engkol, *sprocket* dan elemen pemindah lainnya. *Shaft* bisa menerima beban lentur, beban tarikan, beban tekan atau beban puntiran yang bekerja sendiri-sendiri atau berupa gabungan satu dengan lainnya.



Gambar 2.13 Poros (Kalniawan *et al.*, 2023)

e. *Pulley*

Menurut Choerullah (2018), *pulley* adalah elemen mesin yang berfungsi untuk meneruskan daya dari satu poros ke poros yang lain dengan menggunakan sabuk. *Pulley* bekerja dengan mengubah arah gaya yang diberikan, mengirim gerak, dan mengubah arah rotasi. *Pulley* tersebut berasal dari besi cor, baja cor, baja pres atau aluminium.



Gambar 2.14 *Pulley* (Kalniawan *et al.*, 2023)

f. *V-Belt*

Menurut Choerullah (2018), sebagian besar sistem transmisi menggunakan sabuk V (*V-Belt*) karena pemasangan yang mudah dan harga yang ekonomis. Sistem transmisi sabuk V (*V-Belt*) dapat menghasilkan daya yang besar pada tegangan yang relatif rendah. Sabuk V (*V-Belt*) adalah sistem transmisi penghubung yang terbuat dari karet dan mempunyai penampang trasiium yang dibelitkan mengelilingi alur puli yang berbentuk V.



Gambar 2.15 *V-Belt* (Kalniawan *et al.*, 2023)

g. Batu Gerinda

Menurut Widarto (2008), batu gerinda banyak digunakan di bengkel-bengkel pengerjaan logam. Dari berbagai bentuk batu gerinda sebenarnya bahan utamanya hanya terdiri dari dua jenis pokok, yaitu butiran bahan asah/pemotong

(abrasif) dan perekat (*bond*). Fungsi batu gerinda yaitu untuk penggerindaan silindris, datar, dan profil, menghilangkan permukaan yang tidak rata, untuk pekerjaan *finishing* permukaan, untuk pemotongan, dan penajaman alat-alat potong.



Gambar 2.16 Batu Gerinda (Kalniawan *et al.*, 2023)

h. Ring Batu Gerinda

Menurut Basuki dan Daryanto (2022), *washer* atau ring kita sering menyebutnya adalah sebuah *fastener*/pengikat yang berfungsi untuk menyempurnakan posisi mur (*nut*) dan untuk mendistribusikan gaya pengencang secara merata ke benda yang sedang dikencangkan. *Washer* juga berfungsi untuk mencegah rusaknya permukaan benda yang dikencangkan oleh baut.



Gambar 2.17 Ring Batu Gerinda (Kalniawan *et al.*, 2023)

i. Baut dan Mur serta Baut Pengencang Batu Gerinda

Menurut Pambudi *et al.* (2022), baut dan mur merupakan suatu elemen mesin yang berfungsi untuk menyambungkan dua buah elemen mesin dengan sambungan yang dapat dilepas. Baut dan mur sangat diperlukan karena pada umumnya baut dan mur digunakan untuk menyambungkan dua bagian dimana sambungan ini diketatkan dengan ulir yang ditabkan pada salah satu bagian.



Gambar 2.18 Baut dan Mur serta Baut Pengencang Batu Gerinda (Kalniawan *et al.*, 2023)

j. *Dimmer*

Menurut Pradipto dan Rasyid (2018), *dimmer* sebagai pengatur kecepatan putaran pada proses pengerjaan *grinding*



Gambar 2.19 *Dimmer* (Kalniawan *et al.*, 2023)

2.6 Dasar-Dasar Perhitungan

Adapun dasar-dasar perhitungan dalam perancangan dan pembuatan alat gerinda silindris adalah sebagai berikut:

2.6.1 Motor Listrik/Motor Penggerak

a. Daya Motor Listrik/Motor Penggerak

$$n_2 = \frac{d_p \times n_1}{D_p} \text{ (rpm)}$$

(2.1, lit. 15)

$$v = f \times n_2 \text{ (inch/menit)}$$

(2.2, lit. 15)

$$\text{MRR} = \text{doc} \times w \times v \text{ (inch}^3\text{/menit)}$$

(2.3, lit. 15)

$$P = u \times \text{MRR} \text{ (HP)}$$

(2.4, lit. 15)

Dimana	n_2 , putaran <i>pulley</i>	= rpm
	d_p , diameter <i>pulley</i> penggerak	= mm
	n_1 , putaran motor listrik	= rpm
	D_p , diameter <i>pulley</i> digerakkan	= mm
	v , gerak makan/kecepatan pemakanan	= <i>inch</i> /min
	f , besar pemakanan	= mm/put
	MRR, <i>material removal rate</i>	= <i>inch</i> ³ /min
	doc , <i>depth of cut</i> /kedalaman pemotongan	= <i>inch</i>
	w , lebar batu gerinda	= <i>inch</i>
	P , daya motor listrik	= HP
	u , energi spesifik	= HP. min/ <i>inch</i> ³

b. Torsi Motor Listrik/Motor Penggerak

$$T_1 = \frac{60 P}{2 \pi n_1} \text{ (N. mm)}$$

(2.5, lit. 6, hal. 110)

Dimana T_1 , torsi motor listrik = N.mm
 π , nilai konstanta = 3,14
 n_1 , putaran motor listrik = rpm

c. Daya Rencana Motor Listrik

$$P_d = f_c \times P \text{ (kW)}$$

(2.6, lit. 26, hal. 7)

Dimana P_d , daya rencana motor listrik = kW
 f_c , faktor koreksi

2.6.2 Batu Gerinda

a. Kecepatan Keliling Gerinda

$$V = R \omega_2 = R \frac{2 \pi n_2}{60} \text{ (m/s)}$$

(2.7, lit. 10)

Dimana V , kecepatan keliling batu gerinda = m/s
 R , jari-jari batu gerinda = mm
 ω_2 , kecepatan sudut batu gerinda = rad/s
 n_2 , putaran batu gerinda = rpm

b. Gaya Penggerindaan

$$F_t = \frac{T_2}{R} \text{ (N)}$$

(2.8, lit. 10)

$$F_n = \frac{F_t}{\mu} \text{ (N)}$$

(2.9, lit. 10)

Dimana F_t , gaya tangensial = N
 T_2 , torsi batu gerinda = N.mm
 F_n , gaya normal = N

μ , koefisien gesek = 0,1 – 1

2.6.3 Transmisi Sabuk

a. Kecepatan Linier *Pulley*

$$V = \frac{d_p n_1}{60 \cdot 1.000} \text{ (m/s}^2\text{)}$$

(2.12, lit. 26, hal. 166)

Dimana V , kecepatan linier *pulley* = m/s²

b. Panjang Keliling *V-Belt*

$$L = 2 C + \frac{\pi}{2} (d_p + D_p) + \frac{1}{4 C} (d_p - D_p)^2 \text{ (mm)}$$

(2.13, lit. 26, hal. 170)

Dimana L , panjang keliling *v-belt* = mm

C , jarak sumbu poros = mm

c. Sudut Kontak

$$\theta = 180^\circ - \frac{(d_p - D_p)}{C_s} 60^\circ \text{ (}^\circ\text{)}$$

(2.14, lit. 5, hal. 242)

Dimana θ , sudut kontak = °

d. Gaya Keliling *V-Belt*

$$F_{\text{rate}} = \frac{102 P_d}{V} \text{ (kg)}$$

(2.15, lit. 5, hal. 251)

Dimana F , gaya keliling *v-belt* = kg

e. Tegangan Awal *V-Belt*

$$K = 2 \Phi \sigma_o \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

(2.16, lit. 5, hal. 245)

Dimana K , tegangan awal *v-belt* = kg/cm²

Φ , faktor tarikan *v-belt* = 0,7 – 0,9 (lit. 5, hal. 245)

σ_0 , tetapan tegangan awal *v-belt* = 12 kg/cm² (lit. 5, hal.245)

f. Luas Penampang *V-Belt*

$$A = \frac{F_{rate}}{K} \text{ (cm}^2\text{)}$$

(2.17, lit. 5, hal. 252)

Dimana A , luas penampang *v-belt* = cm²

2.6.4 Poros

a. Momen Puntir/Momen Rencana

$$T_p = 9,74 \cdot 10^5 \frac{P_d}{n_2} \text{ (kg. mm)}$$

(2.25, lit. 26, hal. 7)

Dimana T_p , momen puntir/momen rencana = kg.mm

P_d , daya rencana = watt

b. Tegangan Geser yang Diizinkan

$$\tau_a = \frac{\sigma_b}{sf_1 sf_2} \text{ (kg/mm}^2\text{)}$$

(2.26, lit. 26, hal. 8)

Dimana τ_a , tegangan geser yang diizinkan = kg/mm²

σ_b , tegangan tarik = kg/mm²

sf_1 , faktor keamanan pada jenis bahan = 6,0 (lit. 26, hal. 8)

sf_2 , faktor keamanan dari bentuk poros = 1,3 - 3,0 (lit. 26, hal. 8)

c. Diameter Poros

$$d_r = \left[\frac{5,1}{\tau_a} K_t C_b T_p \right]^{1/3} \text{ (mm)}$$

(2.27, lit. 26, hal. 8)

Dimana d_r , diameter poros = mm

K_t , faktor keadaan momen puntir = 1,5 – 3,0 (lit. 26, hal. 8)

C_b , faktor beban lentur yang akan datang = 1,0 (lit. 26, hal. 8)

- d. Tegangan Geser

$$\tau = \frac{16 T_p}{\pi d_r^3} (\text{kg/mm}^2)$$

(2.28, lit. 24, hal. 263)

Dimana τ , tegangan geser = kg/mm²

- e. Tinjauan Keamanan

$$\tau \leq \tau_a$$

(2.29, lit. 12, hal. 4182)

2.7 Perhitungan Permesinan

2.7.1 Proses Pembubutan

- a. Kecepatan Putaran Benda Kerja

$$n = \frac{1000 c_s}{\pi d} (\text{rpm})$$

(2.47, lit. 21, hal. 14)

Dimana d , diameter rata-rata benda kerja = mm

d_o , diameter mula = mm

d_m , diameter akhir = mm

n , = kecepatan putaran benda kerja = rpm

c_s , kecepatan potong = m/menit

π , nilai konstanta = 3,14

- b. Kecepatan Pemakanan

$$F = f n (\text{mm/menit})$$

(2.48, lit. 21, hal. 15)

Dimana F , kecepatan pemakanan = mm/menit

f , gerak pemakanan = mm/putaran

- c. Panjang Total Pembubutan Rata, Pembubutan Muka, dan Pengeboran

$$L_r = \ell_a + \ell_r (\text{mm})$$

(2.49, lit. 29, hal. 25)

$$L_m = \frac{d}{2} + \ell_a \text{ (mm)}$$

(2.50, lit. 29, hal. 25)

$$L_p = \ell_p + 0,3 d \text{ (mm)}$$

(2.51, lit. 29, hal. 26)

Dimana L_r , panjang total pembubutan rata	= mm
ℓ_a , jarak star pahat	= mm
ℓ_r , panjang pembubutan rata	= mm
L_m , panjang total pembubutan muka	= mm
L_p , panjang total pengeboran	= mm
ℓ_p , panjang pengeboran	= mm

d. Waktu Pemesinan

$$t_{m(r,m,p)} = \frac{L_{(r,m,p)}}{F} \text{ (menit)}$$

(2.52, lit. 21, hal. 15)

Dimana $t_{m(r,m,p)}$, waktu pemesinan	= menit
$L_{(r,m,p)}$, panjang total pemesinan	= mm

2.7.2 Proses *Gas Cutting Torch*

$$L = (2 p) + (2 l) \text{ (mm)}$$

(2.53, lit. 1, hal. 28)

$$T = \frac{L}{V}$$

(2.54, lit. 1, hal. 28)

Dimana p, panjang pelat = mm
 l, lebar pelat = mm
 L, luas pelat = mm
 T, waktu pemotongan = menit
 v, kecepatan potong = mm/menit

2.7.3 Proses Gerinda Tangan

a. Kecepatan Putar Mesin

$$n = \frac{1.000 V_c}{\pi d} \text{ (rpm)}$$

(2.55, lit. 25, hal. 59)

Dimana n, kecepatan putar mesin = rpm
 V_c , kecepatan potong gerinda = m/s
 π , nilai konstanta = 3,14
 d, diameter batu gerinda = mm

b. Waktu Pemesinan

$$t_m = \frac{T_g l T_b}{S_r n} \text{ (menit)}$$

(2.56, lit. 25, hal. 63)

Dimana t_m , waktu pemesinan gerinda = menit
 T_g , tebal batu gerinda = mm
 l, panjang pemotongan = mm
 T_b , tebal benda kerja = mm
 S_r , kedalaman pemakanan = mm.

2.7.4 Proses Gurdi (Pengeboran)

a. Kecepatan Putaran Mesin

$$n = \frac{v_c 1000}{\pi d} \text{ (rpm)}$$

(2.57, lit. 21, hal. 19)

Dimana n , kecepatan putaran mesin = rpm
 v_c , kecepatan potong = m/menit
 π , nilai konstanta = 3,14
 d , diameter mata bor = mm

b. Kecepatan Pemakanan

$$v_f = f_z (n z) \text{ (mm/menit)}$$

(2.58, lit. 21, hal. 19)

Dimana v_f , kecepatan pemakanan = mm/menit
 f_z , gerak pemakanan = mm/put
 z = 2 mm

c. Waktu Pemesinan

$$l_t = l_v + l_w + l_n \text{ (mm)}$$

(2.59, lit. 21, hal. 19)

$$l_n = \left(\frac{d}{2}\right) \tan k_f \text{ (mm)}$$

(2.60, lit. 21, hal. 19)

$$t_c = \frac{l_t}{v_f} \text{ (menit)}$$

(2.61, lit. 21, hal. 19)

Dimana l_t , panjang pemesinan = mm
 l_v , panjang pengawalan = mm
 l_w , panjang pemotongan benda kerja = mm
 l_n , panjang pengakhiran = mm
 t_c , waktu pemesinan = menit
 k_f , sudut potong utama atau $\frac{1}{2}$ sudut ujung

2.7.5 Proses Pengelasan

- a. Tebal Las

$$t = s \sin 45^\circ \text{ (mm)}$$

(2.62, lit. 17, hal. 68)

Dimana t , tebal las = mm

s , tebal plat = mm

- b. Luas Minimum Las

$$A = t l \text{ (mm}^2\text{)}$$

(2.63, lit. 17, hal. 68)

Dimana A , luas minimum las = mm²

l , ukuran las = mm

- c. Tegangan Geser Sambungan Las

$$\tau = \frac{F}{A} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

(2.64, lit. 17, hal. 69)

Dimana τ , tegangan geser = N/mm²

F , gaya = N

- d. Tegangan Tarik yang Diizinkan dan Tegangan Geser yang Diizinkan pada Sambungan Las

$$\sigma_{t_{izin}} = \frac{\sigma_t}{sf} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

(2.65, lit. 2, hal. 19)

$$\tau_{izin} = (0,5 - 0,7) \sigma_{t_{izin}} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

(2.66, lit. 2, hal. 20)

Dimana $\sigma_{t_{izin}}$, tegangan tarik yang diizinkan = N/mm²

τ_{izin} , tegangan geser yang diizinkan = N/mm²

sf , faktor keamanan

- e. Tinjauan Keamanan

$$\tau \leq \tau_{izin}$$

(2.67, lit. 2, hal. 20)

f. Waktu Pengelasan

$$T = L t_b$$

(2.68, lit. 24, hal. 41)

Dimana T, waktu pengelasan = menit

L, panjang pengelasan = mm

t_b , waktu baku pengelasan = menit/mm

2.8 Perhitungan Pengujian

Adapun perhitungan pengujian ini yaitu perhitungan pada alat gerinda silindris yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

a. Kecepatan Putar Batu Gerinda

$$n_s = \frac{v_s 60 1000}{\pi d_s} \text{ (rpm)}$$

(2.69, lit. 8, hal. 130)

Dimana n_s , kecepatan putar batu gerinda = rpm

v_s , kecepatan potong batu gerinda = m/s

π , nilai konstanta = 3,14

d_s , diameter batu gerinda = mm

b. Kecepatan Putar Benda Kerja

$$n_w = \frac{v_w 1000}{\pi d_w} \text{ (rpm)}$$

(2.70, lit. 25, hal. 161)

Dimana n_w , kecepatan putar benda kerja = rpm

v_w , kecepatan potong benda kerja = m/menit

d_w , diameter benda kerja = mm

c. Kecepatan Pemakanan

$$L_s = n_w s \text{ (mm/menit)}$$

(2.71, lit. 25, hal. 163)

Dimana L_s , kecepatan pemakanan = mm/menit

s , kecepatan pemotongan setiap putaran benda kerja = mm/putaran

2.9 Perhitungan Biaya Produksi

a. Biaya Material

$$V_b = l b h \text{ (mm}^3\text{)}$$

(2.72, lit. 20, hal. 1)

$$V_s = \frac{\pi}{4} d^2 h \text{ (mm}^3\text{)}$$

(2.73, lit. 20, hal. 1)

$$W = V \rho \text{ (kg)}$$

(2.74, lit. 20, hal. 1)

$$T_H = H_S W \text{ (rupiah)}$$

(2.75, lit. 20, hal. 1)

Dimana V_b , volume balok = mm³

l , panjang = mm

b , lebar = mm

h , tinggi = mm

V_s , volume silinder = mm³

d , diameter = mm

W , berat bahan = kg

ρ , massa jenis bahan = kg/mm³

T_H , total harga per material = rupiah

H_S , harga satuan = rupiah

b. Biaya Listrik

$$B_L = T_M B_{PL} P \text{ (rupiah)}$$

(2.76, lit. 20, hal. 2)

Dimana B_L , biaya listrik = rupiah

T_M , waktu permesinan = menit

B_{PL} , biaya pemakaian listrik = Rp1.444,70/kWh

P , daya mesin = kWh

c. Biaya Operator

$$S = \frac{UMP}{J_K} \text{ (jam)}$$

(2.77, lit. 20, hal. 2)

$$B_O = S T_M \text{ (rupiah)}$$

(2.78, lit. 20, hal. 2)

Dimana S , upah = jam

UMP , upah minimum SUMSEL = Rp3.404.177,24

J_K , jam kerja dalam sebulan = terhitung senin - sabtu (8 jam)

B_O , biaya operator = rupiah

T , total pengerjaan = jam

d. Biaya Sewa Mesin

$$B_M = T_M B \text{ (rupiah)}$$

(2.79, lit. 20, hal. 3)

Dimana B_M , biaya sewa mesin = rupiah

B , harga sewa mesin/jam = rupiah

e. Biaya Tak Terduga

$$B_T = 15 \% (H_M + B_M) \text{ (rupiah)}$$

(2.80, lit. 20, hal. 3)

Dimana B_T , biaya tak terduga = rupiah

H_M , total harga material = rupiah

f. Total Biaya Produksi

$$T_{BP} = H_M + B_L + B_O + B_M + B_T \text{ (rupiah)}$$

(2.81, lit. 20, hal. 3)

Dimana T_{BP} , biaya produksi total = rupiah

g. Keuntungan

$$K = 25 \% T_{BP} \text{ (rupiah)}$$

(2.82, lit. 20, hal. 4)

Dimana K , keuntungan = rupiah

h. Harga Jual

$$H_J = T_{BP} + K \text{ (rupiah)}$$

(2.83, lit. 20, hal. 4)

Dimana H_J , harga jual = rupiah

2.10 Perawatan (*Maintenance*)

2.10.1 Pengertian Perawatan (*Maintenance*)

Menurut Nasution *et al.* (2021), Dalam industri manufaktur, fungsi perawatan atau perawatan sama pentingnya dengan fungsi lain, seperti produksi. Ini disebabkan fakta bahwa ketika kita memiliki mesin atau peralatan, kita biasanya berusaha untuk tetap dapat menggunakannya. Dengan demikian, proses produksi dapat berlangsung dengan tanpa hambatan.

2.10.2 Tujuan Perawatan (*Maintenance*)

Adapun tujuan dari perawatan/*maintenance* adalah sebagai berikut:

- a. Kemampuan berproduksi dapat memenuhi kebutuhan sesuai rencana produksi
- b. Menjaga kualitas dan keadaan alat pada kondisi yang optimal agar kegiatan produksi berjalan dengan lancar dan tidak terjadi hal hal yang merugikan.
- c. Menjaga biaya yang diinvestasikan dalam perusahaan selama jangka waktu tertentu sesuai dengan kebijakan investasi perusahaan dan membantu mengurangi pengeluaran biaya dan penyimpanan yang di luar batas.
- d. Untuk mengefisiensi biaya yang dikeluarkan perusahaan untuk menjaga kualitas alat atau mesin yang beroperasi
- e. Untuk menjamin keselamatan orang yang menggunakan sarana tersebut
- f. Memaksimalkan ketersediaan semua peralatan sistem produksi (mengurangi *downtime*)
- g. Untuk memperpanjang umur masa pakai dari mesin/peralatan.

2.10.3 Jenis-Jenis Perawatan (*Maintenance*)

Adapun jenis-jenis perawatan/*maintenance* adalah sebagai berikut:

a. Pemeliharaan Terencana

Pemeliharaan terencana (*planned maintenance*) adalah pemeliharaan terencana yang telah diatur sesuai jadwal yang telah disesuaikan dengan keadaan alat dalam jangka waktu tertentu. Maka dari itu, program pemeliharaan harus bersifat dinamis dan mengharuskan pemantauan serta pengendalian yang aktif oleh bagian pemeliharaan melalui data yang tercatat dalam sejarah penggunaan mesin dan peralatan. Pendekatan pemeliharaan terencana bertujuan untuk mengatasi tantangan yang muncul selama pelaksanaan aktivitas pemeliharaan. Informasi ini berperan dalam memfasilitasi komunikasi serta menyediakan data yang komprehensif untuk mendukung proses pengambilan keputusan. Laporan permintaan pemeliharaan, laporan pemeriksaan, dan laporan perbaikan adalah beberapa contoh data penting dalam kegiatan pemeliharaan. Terdapat tiga jenis pelaksanaan pemeliharaan terencana., yaitu:

1. Pemeliharaan pencegahan (*Preventive maintenance*)

Preventive maintenance adalah kegiatan yang dilakukan untuk mencegah kerusakan, baik itu yang terduga maupun yang tidak terduga dan menemukan kondisi atau keadaan yang dapat menyebabkan kerusakan alat produksi saat digunakan dalam Proses Pembuatan. Dengan demikian, semua alat produksi yang diberikan *preventive maintenance* akan tetap berjalan lancar dan selalu dijaga dalam kondisi atau keadaan yang siap untuk digunakan untuk operasi.

2. **Pemeliharaan Perbaikan (*Corrective Maintenance*)**

Corrective maintenance adalah kegiatan perawatan yang dilakukan ketika terjadi suatu kerusakan pada mesin atau keadaan ketika mesin tidak beroperasi secara maksimal dan optimal

3. ***Predictive Maintenance***

Predictive maintenance adalah pemeliharaan terjadwal dengan memperhatikan keadaan mesin dan dievaluasi hasilnya. Untuk menjalankan *predictive maintenance*, data-data seperti getaran, suhu, vibrasi, laju aliran, dan lainnya dapat diambil sebagai acuan. Rencana perawatan prediktif dapat disusun berdasarkan informasi yang diberikan oleh operator lapangan melalui pesanan kerja yang diteruskan kepada departemen pemeliharaan. Tujuannya adalah untuk mengambil tindakan yang sesuai dan mencegah dampak buruk bagi perusahaan.

b. Pemeliharaan Tak Terencana (*Unplanned Maintenance*)

Pemeliharaan tak terencana adalah tindakan pemeliharaan yang diterapkan setelah mesin atau peralatan tidak lagi dapat beroperasi, berbeda dengan pemeliharaan yang seharusnya dilakukan saat mesin atau peralatan masih dapat berfungsi. Melalui pendekatan pemeliharaan tak terencana ini, diharapkan penerapan tindakan perawatan ini dapat memperpanjang masa pakai mesin atau peralatan serta mengurangi frekuensi terjadinya kerusakan.

c. Pemeliharaan Mandiri (*Autonomous Maintenance*)

Pemeliharaan mandiri, yang juga dikenal sebagai *autonomous maintenance*, adalah pendekatan yang bertujuan untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi mesin atau peralatan dengan melibatkan operator dalam kegiatan pemeliharaan yang dilakukan secara mandiri terhadap mesin atau peralatan yang mereka

tangani. Prinsip-prinsip yang terdapat pada 5S, merupakan prinsip yang mendasari *autonomous maintenance*, yaitu:

1. Seiri (*clearing up*) yaitu menyingkirkan benda – benda yang tidak diperlukan.
2. Seiton (*organizing*) yaitu menempatkan benda - benda yang diperlukan dengan rapi.
3. Seiso (*cleaning*) yaitu membersihkan peralatan dan tempat kerja.
4. Seiketsu (*standardizing*) yaitu membuat standar kebersihan, pelumasan dan inspeksi.
5. Shitsuke (*training and discipline*) yaitu meningkatkan skill dan moral.

2.10.4 Hasil Perawatan (*Maintenance*)

Hasil yang diharapkan dari kegiatan pemeliharaan mesin/peralatan (*equipment maintenance*) merupakan berdasarkan dua hal sebagai berikut:

a. *Condition Maintenance*

Condition maintenance yaitu menjaga keadaan mesin agar selalu dalam kondisi yang optimal dan membuat umur pemakaian mesin menjadi lebih lama.

b. *Replecement Maintenance*

Replecement maintenance yaitu mempertahankan tindakan perbaikan dan penggantian komponen mesin tepat pada waktunya sesuai dengan jadwal yang telah direncanakan