

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Saputra *et al.*, (2021) melakukan penelitian tentang pengaruh parameter dengan besarnya getaran terhadap kekasaran permukaan pada saat proses gerinda silindris dengan material baja S45C. Adapun metode yang digunakan yaitu metode *taguchi*. Dari hasil penelitian diketahui bahwa semakin bertambahnya kecepatan putaran benda kerja serta kedalaman pemotongan maka akan menyebabkan getaran dan kekasaran permukaan yang dihasilkan semakin tinggi.

Thursina (2018) melakukan penelitian tentang identifikasi bahaya dan penilaian risiko pada operator mesin gerinda. Penelitian ini menggunakan metode *Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach* (SHERPA) yang digunakan untuk menentukan *error* dalam identifikasi bahaya. Adapun hasil penelitian ini menunjukkan identifikasi bahaya pada saat proses dilakukan penggerindaan dan penilaian risiko pada tahap tugas dengan tingkat rendah (*low risk*) yang artinya risiko tersebut dapat diterima dan tidak perlu adanya tindakan lebih lanjut, risiko sedang (*medium risk*) yang artinya lebih waspada dan tindakan perbaikan dianjurkan jika biaya memungkinkan, dan risiko tinggi (*high risk*) yang artinya risiko di waspadai dan ada tindakan yang diperlukan untuk mengendalikan risikonya.

Fahrizal *et al.*, (2016) melakukan penelitian tentang pemilihan parameter proses gerinda silindris yaitu pengaruh kualitas kekasaran permukaan seperti kecepatan putaran benda kerja dan kedalaman pemakanan pada baja AISI 4140 dengan menggunakan media pendingin yaitu campuran pendingin berupa bahan tambahan minyak sawit RBDO dengan kalsium hipoklorit. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa semakin besar tingkat kecepatan putar benda kerja dan kedalaman pemakanan maka semakin kecil nilai kekasaran permukaan dan sebaliknya semakin rendah tingkat kecepatan putar benda kerja dan kedalaman pemakanan maka semakin besar nilai kekasaran permukaan.

2.2 Proses Pembubutan

Mesin bubut merupakan salah satu alat yang dipakai pada saat pemotongan benda kerja. Pada mesin bubut, pahat bergerak secara sejajar dengan sumbu putar benda kerja yang akan menimbulkan sayatan pada permukaan benda kerja.

Adapun bagian-bagian dari mesin bubut adalah salah satunya *toolpost*. *Toolpost* merupakan alat yang terpasang pada mesin bubut dan digunakan sebagai tempat dudukan pahat bubut. *Toolpost* dapat diputar-putar untuk memudahkan dalam memposisikan pahat bubut.

2.3 Proses Penggerindaan

2.3.1 Mesin Gerinda

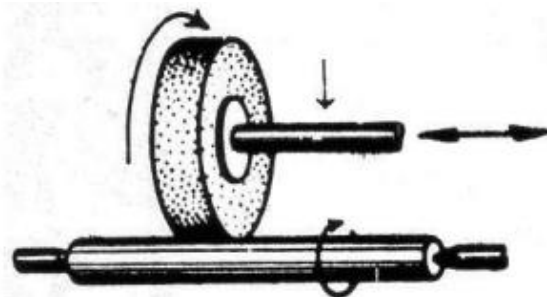
Mesin gerinda merupakan salah satu alat yang dapat digunakan untuk mengasah atau memotong benda kerja dengan tujuan tertentu. Mesin ini bekerja dengan prinsip dimana batu gerinda berputar dan bersentuhan dengan benda kerja sehingga terjadi proses pengikisan, penajaman, pengasahan, atau pemotongan.

2.3.2 Mesin Gerinda Silindris

Mesin gerinda silindris merupakan salah satu alat yang memiliki fungsi dalam proses pemakanan benda kerja dengan menggunakan batu gerinda yang berputar. Penggerindaan silindris dapat dilakukan untuk penggerindaan pada bagian luar (*external grinding*) atau penggerindaan pada bagian dalam (*internal grinding*).

2.3.3 Gerinda Silindris Luar

Ada beberapa macam mesin gerinda silindris yang akan dijumpai di bengkel atau industri dengan skala ukuran yang berbeda salah satunya gerinda silindris luar. Gerinda silindris luar ini bekerja dengan menghaluskan diameter luar benda kerja yang memiliki bentuk silindris atau tirus.



Gambar 2.1 Gerinda Silindris Luar (Gunanto dan Pramono, 2019)

2.4 Batu Gerinda

Batu gerinda digunakan untuk penghalusan pada benda kerja. Batu gerinda seringkali digunakan di *workshop* pada saat proses pekerjaan logam. Terdapat beberapa bentuk batu gerinda seperti silindris, roda, cakram, piringan, konis, dan mangkuk. Fungsi batu gerinda ialah:

- a. Penggerindaan silindris, datar maupun profil
- b. Menghaluskan permukaan yang tidak rata
- c. Melakukan *finishing* permukaan
- d. Sebagai alat pemotongan
- e. Untuk mengasah alat-alat potong

2.4.1 Batu Gerinda Asah (*Grinding Wheel*)

Dari banyak jenis perlengkapan mesin gerinda, *grinding wheel* atau batu gerinda asah adalah produk yang paling sering dicari dan diterapkan dalam proses pengerjaan logam. Batu gerinda ini dapat digunakan untuk mengurangi permukaan logam pada berbagai jenis bahan termasuk besi, baja, dan *stainless steel*.

2.4.2 Struktur Batu Gerinda

Sama dengan batu gerinda yang digunakan untuk proses penggerindaan permukaan, batu gerinda untuk proses penggerindaan silindris memiliki struktur yang sama. Batu gerinda silindris mempunyai struktur yang terdiri sebagai berikut:

a. Butiran Bahan Asah (Abrasif) Batu Gerinda

Butiran bahan asah ini dibuat sesuai dengan pekerjaan yang dibutuhkan. Adapun macam-macam butiran abrasif diantaranya sebagai berikut:

1. Aluminium Oksida (Al_2O_3), Diberi Simbol A

Jenis yang paling umum digunakan dalam membuat batu gerinda adalah bahan yang digunakan untuk mengasah benda kerja dengan kekuatan tarik yang tinggi, seperti baja karbon, baja paduan dan HSS.

2. Silikon Karbida (SiC), Diberi Simbol C

Bahan yang memiliki kekerasan yang sangat tinggi hingga hampir menyerupai intan, yang berguna dalam mengasah benda kerja dengan kekuatan tarik rendah seperti besi tuang kelabu, grafit, aluminium, kuningan, dan karbida.

3. Intan, Diberi Simbol D

Bahan pengasah yang sangat kuat digunakan dalam mengasah benda kerja yang sangat keras seperti karbida semen, keramik, kaca, granit, marmer, dan permata.

4. Boron Nitrida (BN), Diberi Simbol CBN

Kristal berbentuk kubus dari bahan Boron Nitrida (BN) berguna dalam penggerindaan pada benda kerja yang memiliki kekerasan tinggi, seperti baja perkakas dengan kekerasan di atas 65 HRC, yaitu karbida.

b. Ukuran Butiran Abrasif Batu Gerinda

Apabila menggunakan batu gerinda dengan butir abrasif kasar (angka kecil), maka akan menghasilkan potongan yang bagus, akan tetapi hasil penggerindaan akan kasar. Sedangkan menggunakan batu gerinda dengan butir abrasif halus (angka besar), maka akan menghasilkan potongan yang bagus dan hasil penggerindaan akan halus. Adapun ukuran butiran dari batu gerinda silindris adalah sebagai berikut:

- a. Kasar (*coarse*), ukuran butirannya adalah 12, 14, 16, 20, dan 24.
- b. Sedang (*medium*), ukuran butirannya adalah 30, 36, 46, 56, dan 60.
- c. Halus (*fine*), ukuran butirannya adalah 70, 80, 90, 100, dan 120.
- d. Sangat halus (*very fine*), ukuran butirannya adalah 150, 180, 220, dan 240.
- e. Super halus (*ultra fine*), ukuran butirannya adalah 280, 320, 400, 500, 800, dan 1200.

c. Perikat Butiran Abrasif Batu Gerinda

Butiran-butiran penyusun batu gerinda tersebut disusun dan diikat satu sama lain dengan menggunakan perikat. Beberapa jenis perikat yang digunakan yaitu:

1. Perikat Tembikar (*Vitrified-Bond*)

Terdapat hampir 80% batu gerinda menggunakan perikat ini sebagai bahan perikat utama. Batu gerinda yang menggunakan perikat ini mempunyai keistimewaan karena tahan terhadap air, oli, asam, dan panas. Perikat tembikar ini tidak fleksibel dan tidak tahan terhadap benturan, sehingga tidak cocok dipakai dalam pembuatan batu gerinda potong. Perikat ini diberi dengan kode huruf V.

2. Perekat Silikon (*Silicate-Bond*)

Perekat jenis S ini dipakai untuk pembuatan batu gerinda yaitu untuk mengasah benda kerja yang dipengaruhi oleh panas seperti pisau frais, bor, dan pahat HSS. Butiran pada perekat jenis ini mudah lepas dan diberi kode huruf S.

3. Perekat Bakelit (*Resinoid-Bond*)

Bahan perekat jenis B ini sangat ideal dalam pembuatan batu gerinda dengan kecepatan tinggi yang konstan dalam menghaluskan bahan-bahan seperti baja, tuangan, gergaji, dan gigi gergaji. Perekat ini memiliki kelenturan yang sangat baik, sehingga bisa menghasilkan batu gerinda tipis dengan ketebalan bahkan hanya 0,8 mm. Kode huruf B untuk jenis perekat ini.

4. Perekat Karet (*Rubber-Bond*)

Perekat karet dengan kode huruf R mempunyai tingkat elastisitas yang tinggi dan biasanya digunakan dalam membuat batu gerinda untuk berbagai macam pekerjaan presisi maupun kasar. Beberapa contoh penggunaannya ialah untuk menggerinda poros engkol, menghilangkan bekas las pada bahan stainless, dan sebagai perekat pada batu gerinda tipis.

5. Perekat Embelan (*Shellac-Bond*)

Karakteristik dari kode E ialah penggunaannya untuk keperluan presisi dan permukaan yang sangat halus. Selain itu, material ini mempunyai ketahanan terhadap suhu yang rendah dan materialnya dapat dibuat tipis sehingga cocok untuk digunakan dalam penggerinda nok, rol kertas, dan jenis pekerjaan lainnya.

6. Perekat Logam (*Metal-Bond*)

Perekat logam jenis ini menggunakan kode huruf M yang digunakan untuk mengikat butiran pemotong Boron Nitrida (BN) dan Intan (D) pada batu gerinda.

d. Tingkat Kekerasan Batu Gerinda

Tingkat kekerasan pada batu gerinda memiliki perbedaan yang cukup signifikan. Kemampuan adhesi yang menempel pada butiran pemotong disebabkan karena gesekan dan tekanan pengasahan, bukan ditentukan dari kekerasan butiran pemotong itu sendiri. Terdapat dua jenis tingkat kekerasan yaitu dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Batu Gerinda Lunak

Persentase perekat kecil pada batu gerinda ini disebabkan oleh butiran pada batu gerinda yang mudah melepaskan di bawah tekanan pemotongan tertentu. Sehingga batu gerinda ini sangat cocok digunakan untuk menghaluskan material yang keras karena butiran asah pada batu gerinda akan cepat digantikan oleh butiran asah yang baru dan tajam.

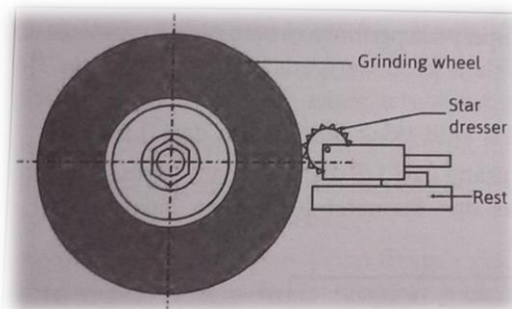
2. Roda Gerinda Keras

Persentase perekat yang cukup tinggi terjadi pada batu gerinda ini. Batu gerinda jenis ini memiliki sifat yang sulit dalam melepaskan butiran saat terjadinya penekanan pada pemotongan tertentu. Pada umumnya, roda gerinda ini digunakan untuk menghaluskan material yang lunak karena tidak memerlukan butiran asah yang baru maupun tajam. Untuk memudahkan dalam membaca tingkat kekerasan dari batu gerinda, maka digunakan simbol huruf abjad. Adapun daftar tingkat kekerasan batu gerinda dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Sangat lunak, disimbolkan dengan kode huruf E, F, dan G.
2. Lunak, disimbolkan dengan kode huruf H, I, dan J.
3. Sedang, disimbolkan dengan kode huruf L, M, N, dan O.
4. Keras, disimbolkan dengan kode huruf P, Q, R, dan S.
5. Sangat keras, disimbolkan dengan kode huruf T, U, V, dan W.

2.4.3 Pengasahan atau Penajaman (*Dressing*)

Tujuan pengasahan atau penajaman batu gerinda adalah untuk memulihkan ketajaman batu gerinda yang telah mengalami *loading* dan *glazing*. *Loading* adalah tumpulnya sisi butiran pemotong yang disebabkan oleh kotoran yang menutupi permukaannya sedangkan *glazing* terjadi ketika sisi butiran pemotong telah aus.



Gambar 2.2 Posisi Pengasahan Batu Gerinda (Sugiyanto, 2020)

2.5 Media Pendingin

Cairan yang disemprotkan pada benda kerja dan batu gerinda pada mesin gerinda yang berfungsi sebagai media pendingin umumnya dikenal dengan sebutan *collant*. Adapun tujuan dari *coolant* adalah untuk mendinginkan suhu pada benda kerja dan untuk membersihkan kotoran yang menempel pada permukaan batu gerinda.

a. Syarat-Syarat Pendinginan

Syarat-syarat untuk proses pendinginan yaitu sebagai berikut:

1. Kemampuan menyerap panas yang efektif
2. Tahan terhadap panas
3. Kekentalan harus minimum (viskositas rendah)
4. Tidak memiliki kandungan asam.

b. Jenis-Jenis Pendingin

Ada dua jenis pendingin yang umum digunakan yaitu *soluble oil* dan pendingin campuran kimia.

1. *Soluble oil* adalah jenis oli tambang yang dicampur dengan bahan tambah sehingga saat dicampur dengan air akan membentuk campuran berwarna putih seperti susu. Ada beberapa tipe *soluble oil* di pasaran seperti Dromus D dan E produksi dari SHELL.
2. Pendingin campuran kimia adalah campuran yang mengandung *sodium nitrite*, *triethanolamine*, dan *sodium mercaptobenzothiazole*. Jenis pendingin ini memiliki keseimbangan yang baik, pelindung karat yang baik dengan sifat tembus pandang. Contoh dari pendingin campuran kimia adalah BP dan ENERGOL GF15.

c. Cara-Cara Pendinginan yang Baik

Cara-cara pendinginan yang baik meliputi:

1. Mengatur *nozzle* agar cairan pendingin dapat menyebar secara presisi pada objek dan alat pemotong.
2. Menyediakan sistem sirkulasi dan penyaringan pendingin yang memastikan konsistensi cairan pendingin.

2.6 Komponen Mesin yang Digunakan

Komponen sebuah mesin terdiri dari beberapa perangkat mesin yang bekerja secara bersama-sama untuk menghasilkan tenaga yang diperlukan untuk mengoperasikan mesin tersebut.

2.6.1 Jenis Komponen Mesin yang Digunakan

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

a. Pelat Baja

Pelat baja merupakan bahan yang terbuat dari unsur baja yang berbentuk lembaran atau strip.



Gambar 2.3 Pelat Baja

b. Pipa Baja

Pipa baja merupakan bahan yang terbuat dari unsur baja yang berbentuk silindris.



Gambar 2.4 Pipa Baja

c. Motor Listrik

Motor listrik sangat berguna baik untuk kebutuhan rumah tangga maupun industri karena mampu mengubah energi listrik menjadi energi mekanik.



Gambar 2.5 Motor Listrik

d. Bantalan (*Bearing*)

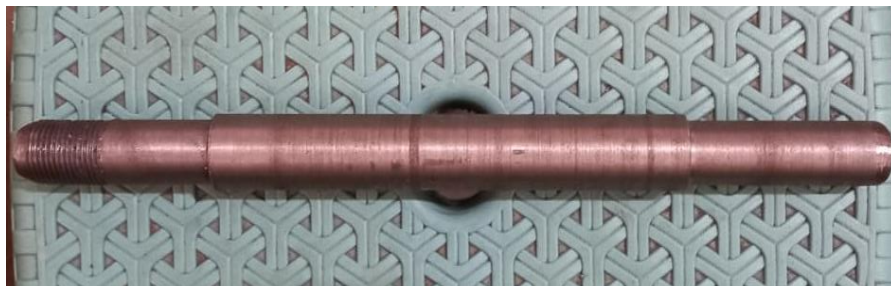
Bantalan adalah bagian mesin yang berfungsi untuk menopang poros dan memastikan gerakan bolak-balik berjalan dengan lancar dan aman.



Gambar 2.6 Bantalan

e. Poros

Poros merupakan suatu elemen penting sebagai penerus daya bersama dengan putaran.



Gambar 2.7 Poros

f. *Pulley*

Pulley yaitu komponen mesin yang berguna untuk mentransmisikan daya dari satu poros ke poros lainnya dengan menggunakan sabuk.



Gambar 2.8 *Pulley*

g. *V-Belt*

V-belt adalah suatu jenis transmisi yang digunakan untuk menghubungkan dua bagian dengan bahan berupa karet dengan penampang trapesium.



Gambar 2.9 *V-Belt*

h. Batu Gerinda

Alat yang bernama batu gerinda atau sering disebut mata gerinda digunakan untuk mengasah, mengikis, memotong, dan mengamplas benda yang hendak dibuat.



Gambar 2.10 Batu Gerinda

i. Ring Batu Gerinda

Washer atau *ring* mampu mencegah kerusakan pada permukaan benda yang dikencangkan oleh baut.



Gambar 2.11 Ring Batu Gerinda

j. Baut dan Mur serta Baut Pengencang Batu Gerinda

Baut dan mur memiliki peran penting dalam mesin untuk menghubungkan dua bagian mesin dengan sambungan yang bisa dilepas atau dibongkar.



Gambar 2.12 Baut dan Mur serta Baut Pengencang Batu Gerinda

k. Pompa Air Mini DC

Jenis pompa air mini DC ini menggunakan motor DC dan tegangan searah sebagai sumber tenaga. Kelebihan menggunakan pompa air mini DC adalah suaranya tidak bising saat digunakan dan juga aman ketika beroperasi di dalam air.



Gambar 2.13 Pompa Air Mini DC

l. AC/DC Adaptor

AC/DC adaptor adalah sebuah perangkat elektronik yang mampu mengubah arus listrik dari AC menjadi DC dan juga menghasilkan tegangan sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 2.14 AC/DC Adaptor

m. *Plug-In Socket DC*

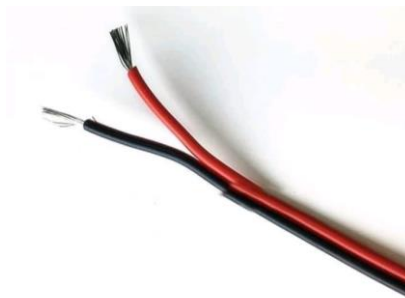
Plug-In Socket DC adalah salah satu jenis komponen yang paling banyak digunakan di perangkat elektronik.



Gambar 2.15 *Plug-In Socket DC*

n. Kabel AWG

Kabel AWG merupakan jenis kabel yang biasanya digunakan pada perangkat speaker, video, dan audio. AWG (*American Wire Gauge*) berfungsi untuk mengukur ketebalan konduktor yang terdapat dalam kabel tersebut.



Gambar 2.16 Kabel AWG

o. Selang Aerator

Selang aerator adalah salah satu jenis selang yang mengalirkan udara ke dalam air yang berasal dari pompa.



Gambar 2.17 Selang Aerator

2.6.2 Perhitungan Komponen Mesin yang Digunakan

Adapun perhitungan komponen mesin dari alat gerinda silindris adalah sebagai berikut:

a. Motor Listrik/Motor Penggerak

1. Daya Motor Listrik/Motor Penggerak

$$n_2 = \frac{d_p \times n_1}{D_p} \text{ (rpm)} \quad (2.1)$$

$$v = f \times n_2 \text{ (inch/menit)} \quad (2.2)$$

$$\text{MRR} = \text{doc} \times w \times v \text{ (inch}^3\text{/menit)} \quad (2.3)$$

$$P = u \times \text{MRR} \text{ (HP)} \quad (2.4)$$

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>

$$P, \text{ daya motor listrik} = \text{HP}$$

$$u, \text{ energi spesifik} = \text{HP} \cdot \text{min}/\text{inch}^3$$

2. Torsi Motor Listrik/Motor Penggerak

$$T_1 = \frac{60 P}{2 \pi n_1} (\text{N} \cdot \text{mm}) \quad (2.5)$$

Dimana T_1 , torsi motor listrik = N.mm

P , daya motor listrik = watt

π , nilai konstanta = 3,14

3. Daya Rencana Motor Listrik

$$P_d = f_c \times P (\text{kW}) \quad (2.6)$$

Dimana P_d , daya rencana motor listrik = kW

P , daya motor listrik = kW

f_c , faktor koreksi

b. Batu Gerinda

1. Kecepatan Keliling Gerinda

$$V = R \omega_2 = R \frac{2 \pi n_2}{60} (\text{m/s}) \quad (2.7)$$

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

2. Gaya Penggerindaan

$$F_t = \frac{T_2}{R} (\text{N}) \quad (2.8)$$

$$F_n = \frac{F_t}{\mu} (\text{N}) \quad (2.9)$$

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

c. Transmisi Sabuk

1. Kecepatan Linier *Pulley*

$$V = \frac{d_p n_1}{60 \cdot 1.000} \text{ (m/s}^2\text{)} \quad (2.10)$$

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

2. Panjang Keliling *V-Belt*

$$L = 2 C + \frac{\pi}{2} (d_p + D_p) + \frac{1}{4 C} (d_p - D_p)^2 \text{ (mm)} \quad (2.11)$$

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

C , jarak sumbu poros = mm

3. Gaya Keliling *V-Belt*

$$F_{\text{rate}} = \frac{102 P_d}{V} \text{ (kg)} \quad (2.12)$$

Dimana F_{rate} , gaya keliling *v-belt* = kg

4. Tegangan Awal *V-Belt*

$$K = 2 \Phi \sigma_o \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad (2.13)$$

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

Φ , faktor tarikan untuk *v-belt*

σ_o , tetapan tegangan awal untuk *v-belt* = kg/cm²

5. Luas Penampang *V-Belt*

$$A = \frac{F_{\text{rate}}}{K} \text{ (cm}^2\text{)} \quad (2.14)$$

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

d. Poros

1. Momen Puntir/Momen Rencana

$$T_p = 9,74 \cdot 10^5 \frac{P_d}{n_2} \text{ (kg. mm)} \quad (2.15)$$

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

P_d , daya rencana = watt

2. Tegangan Geser yang Diizinkan

$$\tau_a = \frac{\sigma_b}{sf_1 sf_2} \text{ (kg/mm}^2\text{)} \quad (2.16)$$

Dimana τ_a , tegangan geser yang diizinkan = kg/mm²

σ_b , tegangan tarik = kg/mm²

sf_1 , faktor keamanan pada jenis bahan

sf_2 , faktor keamanan dari bentuk poros

3. Diameter Poros

$$d_r = \left[\frac{5,1}{\tau_a} K_t C_b T_p \right]^{1/3} \text{ (mm)} \quad (2.17)$$

Dimana d_r , diameter poros = mm

K_t , faktor keadaan momen puntir

C_b , faktor beban lentur yang akan datang

4. Tegangan Geser

$$\tau = \frac{16 T_p}{\pi d_r^3} \text{ (kg/mm}^2\text{)} \quad (2.18)$$

Dimana τ , tegangan geser = kg/mm²

5. Tinjauan Keamanan

$$\tau \leq \tau_a \quad (2.19)$$

e. Baut

1. Diameter
- Minor*
- /Diameter Terkecil Baut

$$d = 0,61 p \text{ (mm)} \quad (2.20)$$

$$M_d = M_D - 2 d \text{ (mm)} \quad (2.21)$$

Dimana d , diameter baut = mm
 p , *pitch* = mm
 M_d , diameter *minor* = mm
 M_D , diameter *major* = mm

2. Tegangan Geser pada Baut

$$A_k = \pi d h \text{ (mm}^2\text{)} \quad (2.22)$$

$$\tau_g = \frac{F}{A_k} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2.23)$$

Dimana A_k , luas penampang = mm²
 h , tinggi kepala baut = mm
 τ_g , tegangan geser = N/mm²
 F , gaya = N

3. Tegangan Tarik yang Diizinkan dan Tegangan Geser yang Diizinkan pada Baut

$$\sigma_{t_{izin}} = \frac{\sigma_t}{sf} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2.24)$$

$$\tau_{g_{izin}} = (0,5 - 0,75) \sigma_{t_{izin}} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2.25)$$

Dimana $\sigma_{t_{izin}}$, tegangan tarik yang diizinkan = N/mm²
 σ_t , tegangan tarik = N/mm²
 sf , faktor keamanan
 $\tau_{g_{izin}}$, tegangan geser yang diizinkan = N/mm²

4. Tinjauan Keamanan

$$\tau_g \leq \tau_{gizin} \quad (2.26)$$

2.7 Proses Permesinan yang Digunakan

Proses permesinan adalah proses dimana bahan dipotong atau dibuang dengan tujuan membentuk produk yang diinginkan.

2.7.1 Proses Pembubutan

Bubut adalah proses penghasilan benda berbentuk silindris dengan cara memotong benda putar pada spindel menggunakan pahat. Teknik ini juga digunakan untuk pengeboran dan menciptakan ulir serta meratakan benda putar.

a. Kecepatan Putaran Benda Kerja

$$n = \frac{1000 c_s}{\pi d} \text{ (rpm)} \quad (2.27)$$

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

$$F = f n \text{ (mm/menit)} \quad (2.28)$$

Dimana F , kecepatan pemakanan = mm/menit

f , gerak pemakanan = mm/putaran

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

$$L_r = \ell_a + \ell_r \text{ (mm)} \quad (2.29)$$

$$L_m = \frac{d}{2} + \ell_a \text{ (mm)} \quad (2.30)$$

$$L_p = \ell_p + 0,3 d \text{ (mm)} \quad (2.31)$$

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

$$t_{m(r,m,p)} = \frac{L_{(r,m,p)}}{F} \text{ (menit)} \quad (2.32)$$

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

2.7.2 Proses Gas Cutting Torch

Gas cutting torch adalah alat pemotong yang menggunakan gas dengan kualitas dan kekuatan yang tinggi untuk memastikan akurasi dan kualitas produksi yang lebih baik.

$$L = (2 p) + (2 l) \text{ (mm)} \quad (2.33)$$

$$T = \frac{L}{V} \text{ (menit)} \quad (2.34)$$

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

Gerinda tangan adalah alat yang sering dipergunakan untuk mengasah atau memotong benda kerja dengan menggunakan mata gerinda.

- a. Kecepatan Putaran Mesin

$$n = \frac{1.000 V_c}{\pi d} \text{ (rpm)} \quad (2.35)$$

Dimana n , kecepatan putaran mesin = rpm

V_c , kecepatan potong gerinda = m/s

π , nilai konstanta = 3,14

d , diameter batu gerinda = mm

- b. Waktu Pemesinan

$$t_m = \frac{T_g l T_b}{S_r n} \text{ (menit)} \quad (2.36)$$

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)

Pengeboran adalah alat untuk membuat lubang pada benda kerja dengan menggunakan mata bor.

- a. Kecepatan Putaran Mesin

$$n = \frac{v_c 1000}{\pi d} \text{ (rpm)} \quad (2.37)$$

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

$$v_f = f_z (n z) \text{ (mm/menit)} \quad (2.38)$$

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

c. Waktu Pemesinan

$$l_t = l_v + l_w + l_n \text{ (mm)} \quad (2.39)$$

$$l_n = \left(\frac{d}{2}\right) \tan k_f \text{ (mm)} \quad (2.40)$$

$$t_c = \frac{l_t}{v_f} \text{ (menit)} \quad (2.41)$$

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

Pengelasan adalah sebuah teknik untuk menggabungkan 2 jenis logam menjadi satu bentuk dengan menggunakan elektroda.

a. Tebal Las

$$t = s \sin 45^\circ \text{ (mm)} \quad (2.42)$$

Dimana t , tebal las = mm
 s , tebal pelat = mm

b. Luas Minimum Las

$$A = t l \text{ (mm}^2\text{)} \quad (2.43)$$

Dimana A , luas minimum las = mm²
 l , ukuran las = mm

- c. Tegangan Geser Sambungan Las

$$\tau = \frac{F}{A} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2.44)$$

Dimana τ , tegangan geser = N/mm²
 F, gaya = N

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

$$\sigma_{t_{izin}} = \frac{\sigma_t}{sf} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2.45)$$

$$\tau_{izin} = (0,5 - 0,7) \sigma_{t_{izin}} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2.46)$$

Dimana $\sigma_{t_{izin}}$, tegangan tarik yang diizinkan = N/mm²
 τ_{izin} , tegangan geser yang diizinkan = N/mm²
 sf, faktor keamanan

- e. Tinjauan Keamanan

$$\tau \leq \tau_{izin} \quad (2.47)$$

- f. Waktu Pengelasan

$$T = l t_b \text{ (menit)} \quad (2.48)$$

Dimana T, waktu pengelasan = menit
 t_b , waktu baku pengelasan = menit/mm

2.8 Proses Pembuatan

Membuat barang atau jasa yang bermanfaat bagi konsumen memerlukan proses pembuatan yang melibatkan faktor-faktor proses pembuatan yang berbeda dalam rangka menciptakan produk. Adapun faktor-faktor proses pembuatan tersebut ialah faktor sumber daya alam (SDA), faktor sumber daya manusia (SDM), faktor sumber daya modal, dan faktor keahlian.

Adapun tahapan-tahapan proses pembuatan ialah sebagai berikut:

a. Perencanaan (*Planning*)

Segala sesuatu yang akan dilakukan membutuhkan perencanaan. Tahap perencanaan ini menentukan beberapa aspek penting seperti jenis produk yang akan dibuat, jumlah bahan baku yang dibutuhkan, estimasi biaya yang diperlukan, serta jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proses pembuatan.

b. Penentuan Alur (*Routing*)

Penentuan jalur proses pembuatan akan menentukan urutan tindakan yang harus dilakukan dalam proses pembuatan. Pada tahap ini, perhatian akan difokuskan pada tahap pengolahan bahan mentah, pembuatan, pengampelasan, penyelesaian, pengawasan kualitas, dan pengiriman barang. Agar berjalan dengan efektif, diperlukan penentuan aliran yang akurat dan efisien pada tahap ini.

c. Penjadwalan (*Schedule*)

Jadwal proses pembuatan akan diputuskan setelah alur proses pembuatan lengkap. Saat dilakukan, jadwal akan memperhitungkan waktu kerja pekerja dan durasi setiap tahap produksi. Dengan membuat jadwal, pengawasan proses pembuatan akan lebih sederhana dan bisa disesuaikan dengan situasi yang terjadi.

d. Instruksi Memulai Produksi (*Dispatching*)

Setelah jadwal proses pembuatan ditetapkan, tahap selanjutnya adalah menetapkan proses pemberian pesanan yang mencakup informasi dari tahapan sebelumnya seperti bahan baku, alur proses pembuatan, dan waktu proses pembuatan. Keberhasilan tahap ini akan menjadi kunci keberhasilan proses pembuatan selanjutnya.

e. Evaluasi (*Evaluation*)

Pada akhir proses pembuatan, dilakukan evaluasi untuk mengukur sejauh mana produk berhasil dibuat sesuai dengan rencana yang telah dibuat sebelumnya dan sesuai dengan kinerja lapangan. Dengan evaluasi ini, dapat membantu pengembangan proses pembuatan berikutnya agar tercapai sesuai dengan rencana yang telah dibuat.

2.9 Pengujian Alat

Pengujian alat ini untuk memastikan kinerja alat bekerja secara optimal secara menyeluruh serta diharapkan mendapatkan data yang valid untuk mengetahui apakah alat bekerja sesuai dan terdapat kesesuaian antara alat dengan fungsinya.

2.9.1 Tahap-Tahap Pengujian Alat

Setelah seluruh alat telah selesai dibuat, dilakukan pengujian yang terdiri dari tiga bagian yaitu sebagai berikut:

a. Pengujian Fungsional

Pengujian fungsional bertujuan untuk memastikan setiap bagian alat dapat berfungsi dengan sebaik-baiknya. Apabila ada bagian yang belum berfungsi dengan baik, segera diperbaiki dan diuji kembali. Jika seluruh alat telah berfungsi dengan baik, barulah dilakukan pengujian verifikasi.

b. Pengujian Verifikasi

Pengujian verifikasi dilakukan untuk memastikan apakah keadaan alat sudah sesuai dengan spesifikasi yang ada. Pada pengujian ini, diamati jumlah dan ukuran komponen alat.

c. Pengujian Lapangan

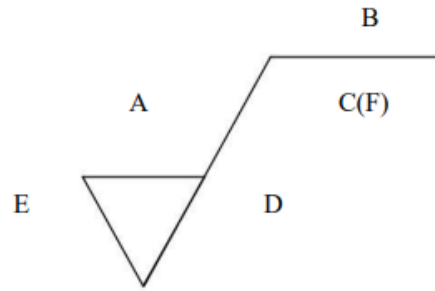
Pengujian ini terdiri dari pengujian unjuk kerja dan pengujian pelayanan. Melalui pengujian ini, akan diketahui penampilan dan adaptasi alat di lapangan serta apakah alat mudah atau sukar dioperasikan.

2.9.2 Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan dijelaskan sebagai ketidakhalusan bentuk benda kerja yang terjadi selama proses produksi karena proses pengerjaan mesin. Penilaian tingkat kekasaran ini dinyatakan dalam nilai rata-rata aliran permukaan/*roughness average* (Ra) yang merupakan parameter kekasaran yang paling sering digunakan di seluruh dunia.

Salah satu yang mempengaruhi kekasaran permukaan adalah suhu. Perubahan suhu memiliki dampak signifikan pada kekasaran permukaan benda kerja karena kenaikan suhu yang signifikan dapat menyebabkan kerusakan pada permukaan.

Umumnya tanda kekasaran permukaan dinyatakan dengan simbol segitiga sama sisi yang satu sisi-nya menempel pada permukaan yang dilihat sebagai berikut



2.18 Lambang Kekasaran Permukaan (Munadi, 1988)

Keterangan :

- A : Nilai Kekasaran Permukaan (R_a)
- B : Cara Pengerjaan Produksi
- C : Panjang Sampel
- D : Arah Pengerjaan
- E : Kelebihan Ukuran yang Dikehendaki
- F : Nilai Kekasaran Lain (Jika Diperlukan)

2.9.3 Alat Ukur Kekasaran Permukaan

Alat yang dapat digunakan untuk mengukur kekasaran permukaan sebuah material adalah *surface roughness tester*. Setiap komponen permukaan pada suatu objek memiliki variasi dan bentuk yang unik yang dapat dipengaruhi oleh struktur maupun proses produksinya.

Untuk mengukur kekasaran permukaan suatu benda digunakan sinyal pergerakan *stylus* berbentuk *diamond* yang bergerak sepanjang garis lurus pada permukaan sebagai indikator pengukur kekasaran. *Surface roughness tester* bekerja berdasarkan prinsip menggunakan transduser dan diolah melalui *mikroprocessor*. Pengujian dapat dilakukan menggunakan *surface roughness tester* pada setiap posisi baik secara horizontal, vertikal, maupun di tempat lainnya. Untuk mengukur kekasaran permukaan, sensor pada *surface roughness tester* diposisikan pada permukaan kemudian digerakkan secara seragam menggunakan mekanisme di dalam *tester*. Sensor pada *surface roughness tester* akan mendeteksi kekasaran permukaan menggunakan *probe* yang telah terpasang di dalamnya. Alat ukur kekasaran permukaan ini kompatibel dengan standar ISO, DIN, ANSI, dan JIS di seluruh dunia.

2.9.4 Perhitungan Pengujian Alat

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

- a. Kecepatan Putaran Mesin Bubut

$$n_w = \frac{1000 C_s}{\pi d} \text{ (rpm)} \quad (2.49)$$

Dimana n_w , kecepatan putaran mesin bubut = rpm

C_s , kecepatan potong mesin bubut = m/s

π , nilai konstanta = 3,14

d , diameter benda kerja = mm

- b. Kecepatan Pemakanan

$$L_s = n_w s \text{ (mm/menit)} \quad (2.50)$$

Dimana L_s , kecepatan pemakanan = mm/menit

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

2.10 Biaya Produksi

Biaya produksi adalah biaya yang diperlukan dalam proses pembuatan/produk dari barang mentah menjadi barang jadi.

2.10.1 Faktor Penentu Biaya Produksi

Ada 3 faktor penentu pembiayaan dalam proses produksi yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. Biaya Bahan Baku (*Raw Material Cost*)

Bahan baku/bahan langsung (*raw material*) adalah bahan yang menjadi unsur pokok dalam satuan produk yang terintegritas (terpadu) dengan produk akhir. Ketersediaan bahan baku menjadi sangat penting dalam proses produksi karena proses produksi akan terhenti jika bahan baku tidak tersedia. Bahan baku ini tidak bisa digantikan karena melekat pada produk misalnya:

- Meja kayu, bahan bakunya kayu
- Meja plastik, bahan bakunya plastik
- Baju sutra, bahan bakunya sutra

b. Biaya Tenaga Kerja Langsung/Upah Langsung (*Direct Labor Cost*)

Biaya tenaga kerja langsung/upah langsung (*direct labor cost*) adalah upah yang diberikan kepada tenaga kerja yang terlibat langsung dalam menghasilkan suatu produk. Tenaga kerja langsung sangat mempengaruhi proses produksi. Contoh dari tenaga kerja langsung ini ialah buruh.

c. Biaya *Overhead* Pabrik (*Manufacture Overhead Cost*)

Biaya *overhead* pabrik (*manufacture overhead cost*) adalah biaya yang terjadi sehubungan dengan proses produksi yang mana sifatnya tidak langsung/membantu/memperlancar proses produksi. Biaya ini tidak terintegrasi dengan produk akhir. Semua biaya bisa masuk sebagai biaya *overhead* pabrik (BOP) jika biaya tersebut berhubungan dengan proses produksi. BOP terdiri dari:

- Bahan tidak langsung dan bahan penolong.
 - Bahan tidak langsung yaitu bahan yang digunakan selain bahan baku/bahan langsung yang sangat dibutuhkan dalam proses produksi. Tanpa adanya bahan tidak langsung, produk yang dibuat tidak akan sempurna misalnya benang untuk membuat pakaian.
 - Bahan penolong merupakan bahan tambahan yang digunakan selama proses produksi, namun bukan sebagai bahan utama (langsung/tidak langsung) dalam pembuatan produk. Bahan ini memiliki peran penting dalam menunjang efisiensi proses produksi, meningkatkan kualitas produk, dan menjaga keamanan produk. Contoh bahan penolong yaitu kemasan plastik sebagai pengemas pakaian dan label harga pada produk pakaian.
- Tenaga kerja tidak langsung/upah tidak langsung yaitu upah yang diberikan kepada tenaga kerja yang tidak terlibat langsung dengan proses produksi tetapi kehadiran tenaga kerja tidak langsung ini sangat membantu kelancaran proses produksi, contohnya yaitu mandor, *supervisor*, dan kepala pabrik.
- Biaya tidak langsung lainnya yaitu biaya-biaya yang dikeluarkan dalam proses produksi yang terjadi dari awal sampai dengan terjadinya produk tersebut yang bersifat tidak langsung. Misalnya asuransi mesin, asuransi pabrik, penyusutan mesin, penyusutan pabrik, dan lain-lain.

2.10.2 Variabel Biaya Produksi

Variabel biaya produksi terdiri dari lima jenis yaitu sebagai berikut:

a. Biaya Tetap (*Fixed Cost*)

Biaya tetap (*fixed cost*) adalah ketika output yang dihasilkan atau aktivitas yang dilakukan mengalami perubahan, biaya tetap tidak akan menjadi pengaruh utama terhadap besarnya biaya yang dibutuhkan. Sebagai contoh, biaya tetap meliputi biaya asuransi, pajak, manajemen umum dan gaji administrasi, biaya lisensi, dan biaya bunga atas modal pinjaman.

b. Biaya Variabel (*Variable Cost*)

Biaya variabel (*variable cost*) adalah biaya yang terhubung dengan aktivitas pabrik dan ukurannya bergantung pada banyaknya hasil produksi atau kegiatan yang dilakukan. Sebagai contoh biaya variabel ialah biaya bahan mentah dan upah tenaga kerja yang digunakan dalam produksi atau pengadaan jasa.

c. Biaya Total (*Total Cost*)

Biaya total (*total cost*) umlah dari biaya tetap dan biaya variabel yang dikeluarkan dalam satu periode tertentu untuk memproduksi suatu barang jadi.

d. Biaya Rata-Rata (*Average Cost*)

Biaya rata-rata (*average cost*) dihitung dengan cara membagi total biaya dengan jumlah produk/layanan yang dihasilkan. Dengan demikian, biaya rata-rata memberikan gambaran keseluruhan biaya yang terjadi.

e. Biaya Marjinal (*Marginal Cost*)

Biaya marjinal (*marginal cost*) ialah merujuk pada biaya total yang diperlukan untuk menghasilkan satu unit tambahan dari output produksi atau layanan. Misalnya, jika sebuah perusahaan memproduksi 1.000 unit, biaya marjinal adalah biaya tambahan yang diperlukan untuk meningkatkan output menjadi 1.001 unit.

2.10.3 Pendapatan

Pendapatan (*income*) merupakan penghasilan yang terjadi dalam menjalankan aktivitas suatu entitas yang dikenal dengan berbagai istilah seperti penjualan, imbalan, bunga, dividen, royalti, dan sewa.

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi pendapatan adalah sebagai berikut:

- a. Kondisi dan Kemampuan Penjualan
- b. Kondisi Pasar
- c. Modal

2.10.4 Perhitungan Biaya Produksi

a. Biaya Tetap (*Fixed Cost*)

- Biaya Listrik

$$B_L = T_M B_{PL} P \text{ (rupiah)} \quad (2.51)$$

Dimana B_L , biaya listrik = rupiah
 T_M , waktu permesinan = menit
 B_{PL} , biaya pemakaian listrik = Rp1.035,78/kWh
 P , daya mesin = kWh

- Biaya Sewa Mesin

$$B_M = T_M B \text{ (rupiah)} \quad (2.52)$$

Dimana B_M , biaya sewa mesin = rupiah
 B , harga sewa mesin/jam = rupiah

- Biaya Perawatan

$$B_P = \frac{N B_{pn}}{n} \text{ (rupiah)} \quad (2.53)$$

Dimana B_P , biaya perawatan = rupiah
 N , jumlah mesin = unit
 B_{pn} , biaya *preventive maintenance* = rupiah
 n , jumlah periode = bulan

- Total Biaya Tetap

$$F_C = T_{MP} + T_{BH} + B_L + B_M + B_P \text{ (rupiah)} \quad (2.54)$$

Dimana F_C , total biaya tetap = rupiah
 T_{MP} , total material pembantu = rupiah
 T_{BH} , total material penolong = rupiah

b. Biaya Variabel (*Variable Cost*)

- Biaya Material Utama

$$V_b = l b h \text{ (mm}^3\text{)} \quad (2.55)$$

$$V_s = \frac{\pi}{4} d^2 h \text{ (mm}^3\text{)} \quad (2.56)$$

$$W = V \rho \text{ (kg)} \quad (2.57)$$

$$T_H = H_S W \text{ (rupiah)} \quad (2.58)$$

Dimana V_b/V_s , volume balok/silinder	= mm ³
l, panjang	= mm
b, lebar	= mm
h, tinggi	= m
d, diameter	= mm
W, berat bahan	= kg
ρ , massa jenis bahan	= kg/mm ³
T_H , total harga per material	= rupiah
H_S , harga satuan	= rupiah

- Biaya Operator

$$S = \frac{UMP}{J_K} \text{ (jam)} \quad (2.59)$$

$$B_O = S T_M \text{ (rupiah)} \quad (2.60)$$

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

- Biaya Tak Terduga

$$B_T = 15 \% (H_{MT} + B_M) \text{ (rupiah)} \quad (2.61)$$

Dimana B_T , biaya tak terduga = rupiah

H_{MT} , total harga material = rupiah

- Total Biaya Variabel

$$V_C = T_{TH} + T_{PP} + B_O + B_T \text{ (rupiah)} \quad (2.62)$$

Dimana V_C , total biaya variabel = rupiah

T_{TH} , total biaya material utama = rupiah

T_{PP} , total perlengkapan produksi = rupiah

- c. **Biaya Total (*Total Cost*)**

$$T_C = F_C + V_C \text{ (rupiah)} \quad (2.63)$$

Dimana T_C , biaya total = rupiah

- d. **Biaya Rata-Rata (*Average Cost*)**

$$A_C = \frac{T_C}{Q} \text{ (rupiah)} \quad (2.64)$$

Dimana Q , kuantitas = unit

- e. **Biaya Marjinal (*Marginal Cost*)**

$$M_C = \frac{\Delta T_C}{\Delta Q} \text{ (rupiah)} \quad (2.65)$$

Dimana M_C , biaya marginal = rupiah

ΔT_C , perubahan biaya total = rupiah

ΔQ , perubahan kuantitas = unit

- f. **Pendapatan (*Income*)**

$$K = 10 \% T_C \text{ (rupiah)} \quad (2.66)$$

$$H_J = T_C + K \text{ (rupiah)} \quad (2.67)$$

Dimana K , keuntungan = rupiah

H_j , harga jual = rupiah

2.11 Perawatan dan Perbaikan

2.11.1 Pengertian Perawatan dan Perbaikan

Perawatan adalah tindakan untuk menjaga agar peralatan atau mesin dapat berfungsi dengan optimal sedangkan perbaikan adalah proses memulihkan kondisi peralatan atau mesin yang telah rusak atau tidak dapat berfungsi dengan baik sehingga kembali ke kondisi semula.

2.11.2 Tujuan Perawatan

Tujuan dari perawatan adalah sebagai berikut:

- a. Meningkatkan kemampuan produksi sehingga bisa memenuhi kebutuhan produksi sesuai dengan rencana.
- b. Menjaga kualitas produk pada tingkat yang sesuai sehingga kegiatan produksi tidak terganggu.
- c. Membantu mengurangi penggunaan dan penyimpanan yang berlebihan serta menjaga investasi perusahaan selama masa yang telah ditetapkan.
- d. Mencapai biaya *maintenance* secara efektif dan efisien secara keseluruhan.
- e. Menjamin keselamatan pengguna sarana tersebut.
- f. Memaksimalkan ketersediaan semua peralatan sistem produksi untuk mengurangi waktu *downtime*.
- g. Memperpanjang umur pakai dari mesin/peralatan.

2.11.3 Jenis-Jenis Perawatan

Adapun jenis-jenis perawatan yang dapat dijelaskan secara detail sebagai berikut:

a. Perawatan Terencana (*Planned Maintenance*)

Perawatan terencana adalah perawatan yang dirancang dan telah dipersiapkan sebelumnya dengan pengendalian dan pencatatan yang sistematis untuk menjamin keberhasilannya. Perawatan terencana melibatkan tiga metode pelaksanaan yaitu sebagai berikut:

1. Perawatan Pencegahan (*Preventive Maintenance*)

Preventive maintenance adalah tindakan perawatan serta menjaga keberlangsungan fasilitas produksi agar tidak mengalami kerusakan yang tak terduga dan menemukan faktor-faktor penyebab kerusakan pada saat digunakan di dalam proses produksi.

2. Perawatan Perbaikan (*Corrective Maintenance*)

Corrective maintenance adalah aktivitas perawatan yang dilakukan setelah terjadi kerusakan atau kesalahan pada mesin atau peralatan sehingga tidak dapat beroperasi dengan optimal.

3. Perawatan Prediktif (*Predictive Maintenance*)

Predictive maintenance adalah jenis *maintenance* yang direncanakan sebelumnya yang berdasarkan pada hasil analisis dan evaluasi data operasi yang meliputi pengukuran getaran, suhu, vibrasi, laju aliran, dan lain-lain.

b. Perawatan Tak Terencana (*Unplanned Maintenance*)

Bentuk perawatan tak terencana dikenal dengan istilah perawatan darurat (*breakdown/emergency mainstance*). Tindakan ini dilakukan pada saat mesin atau peralatan telah mengalami kerusakan sehingga tidak mampu berfungsi dengan normal.

c. Perawatan Mandiri (*Autonomous Maintenance*)

Untuk meningkatkan *efisiensi* mesin dan peralatan dapat dilakukan melalui *autonomous maintenance* atau perawatan yang dilakukan oleh operator untuk merawat peralatan yang mereka tangani sendiri.

2.11.4 Konsep Kaizen

Secara umum kaizen merupakan upaya untuk terus memperbaiki kondisi yang ada dengan tujuan memperbaiki secara keseluruhan. Konsep 5W+1H merupakan salah satu konsep yang bisa digunakan dalam melakukan perbaikan dengan kaizen. Pertanyaan *what* untuk mengetahui jenis masalah yang terjadi, *who* untuk mengetahui siapa yang bertanggung jawab atas masalah, *why* untuk mengetahui penyebab masalah terjadi, *where* untuk mengetahui di mana masalah terjadi, *when* untuk mengetahui pada saat mana masalah terjadi, dan *how* untuk mengetahui cara mengatasi masalah agar tidak terulang kembali.