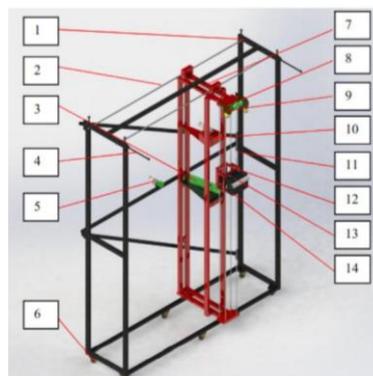


## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Sebuah studi tentang rancang bangun alat pengecat dinding semi otomatis berbasis mikrokontroler ATmega8535 telah dilakukan oleh Zaira, Permana dan Jaenudin. Tujuannya yaitu merancang dan membuat alat pengecat dinding semi otomatis yang dapat membantu meringankan pekerjaan manusia dalam proses pengecatan dinding pada suatu konstruksi seperti gedung, perumahan, perkantoran dan gedung lainnya. Metodologi penyelesaian yang dilakukan meliputi studi literatur, perancangan rangkaian pengontrol, perancangan mekanik mesin, pengujian dan analisa hasil uji mesin. Hasil yang di dapat berupa gambar rangkaian *driver* dan pengontrol mesin, gambar mekanik mesin, hasil perhitungan mekanik, dan hasil pengujian mesin dimana kecepatan rata – rata pengecatan yang baik yaitu 40 rpm sampai 60 rpm, gaya tekan pegas sebesar 10,5 N dengan konstanta pegas sebesar 437,5 Nm, torsi motor penggerak vertikal sebesar 2,77 Nm untuk menggerakkan perangkat pengecat dengan beban 6 kg, torsi motor DC pendorong rol cat sebesar 0,187 Nm dan torsi motor DC penggerak lengan pendorong rol cat sebesar 1,4594 Nm (Zaira, Permana dan Jaenudin, 2020). Berikut gambar 2. 1 mesin pengecat dinding berbasis ATmega8535 hasil rancang bangun Zaira dkk.



**Gambar 2. 1** Mesin pengecat dinding berbasis ATmega8535 (Zaira dkk, 2020)

Rahmadi dkk (2006) melakukan studi tentang rancang bangun rol cat tembok sistem kerja kontinyu. Tujuan dari studi ini adalah merancang, membuat dan melakukan uji kinerja rol cat tembok sistem kerja kontinyu. Metodologi yang dilakukan adalah metode rancang bangun dengan tahapan merancang yang didasarkan pada spesifikasi teknik desain, pembuatan mesin dan pengujian kinerja mesin. Hasil yang di dapat berupa hasil pengujian kinerja mesin yaitu alat mampu bekerja dengan jangkauan maksimal 4 meter dengan daya yang digunakan sebesar 60 W dan *voltage* 220 V. Berikut gambar 2. 2 rol cat sistem kerja kontinyu hasil rancang bangun Rahmadi dkk.



**Gambar 2. 2** Rol cat sistem kerja kontinyu (Rahmadi dkk, 2006)

Askar dkk (2017) melakukan studi tentang *design of automatic plastering machine*. Tujuan dilakukan studi ini adalah membuat alat bantu plester tembok dengan mengotomatisasi proses kerja sehingga dapat menghemat waktu, biaya, tenaga dan mendapatkan hasil plesteran yang baik. Metodologi yang dilakukan adalah studi pustaka, perhitungan desain, gambar 3D mesin dan melakukan perbandingan hasil kerja mesin. Hasil yang diperoleh dari studi ini yaitu material poros yang digunakan adalah Fe 360 dengan diameter 15 mm dan motor yang digunakan memiliki kecepatan 304,40 rpm dengan torsi sebesar 240 kgcm mampu mengangkat beban sampai 48 kg.

## **2.2 Landasan Teori**

### **2.2.1 Cat**

Cat merupakan produk yang telah dikenal oleh masyarakat luas, karena produk ini banyak sekali digunakan pada objek. Cat digunakan sebagai pelapis permukaan yang berfungsi untuk melindungi dan memberikan warna yang tentu saja juga memberikan keindahan pada objek yang dilapisi. Hampir semua objek dapat digunakan oleh produk ini, antara lain untuk pengawet (mencegah korosi atau kerusakan oleh air), industri (pelapisan), ataupun benda seperti perabotan rumah tangga, besi, kayu dan dinding (Prawira, 2020).

### **2.2.2 Pengecatan**

Mengecat merupakan suatu kegiatan melapisi permukaan suatu benda dengan tujuan memberi warna dan melindungi permukaan benda, hasil cat akan membentuk lapisan tipis yang melekat kuat pada permukaan dan akan mengering pada permukaan tersebut (Aziz dan Puriyanto, 2019).

### **2.2.3 Proses perancangan**

Perancangan (*design*) secara umum dapat didefinisikan sebagai formulasi suatu rencana untuk memenuhi kebutuhan manusia. Sehingga secara sederhana perancangan dapat diartikan sebagai kegiatan pemetaan dari ruang fungsional (tidak terlihat/imajiner) kepada ruang fisik (terlihat dan dapat diraba/dirasa) untuk memenuhi tujuan - tujuan akhir perancang secara spesifik atau obyektif (Baharuddin, 2018).

#### **2.2.3.1 Metode perancangan VDI 2222**

Menurut Pujono (2019), VDI merupakan singkatan dari *Verein Deutsche Ingenieur* yang artinya adalah Persatuan Insinyur Jerman. Perancangan menurut VDI 2222 lebih sederhana dan lebih singkat. Tahapan perancangan menurut VDI 2222 ditunjukkan pada gambar 2. 3 dibawah ini.



**Gambar 2. 3** Perancangan Menurut VDI 2222 (Pujono, 2019)

Urutan tahapan perancangan menurut VDI 2222 adalah sebagai berikut:

A. Merencana

Yaitu merencana desain apa yang akan dibuat. Tahap ini berisi tentang masukan desain dan rencana realisasi desain tersebut. Tahapan ini sama dengan tahap *input* desain dan rencana desain.

B. Mengkonsep

Memberikan sketsa dan spesifikasi teknis terhadap ide desain yang sudah ditetapkan.

C. Merancang

Memberikan desain wujud dan desain rinci terhadap ide desain. Ide ini sudah melewati analisa, pemilihan dan penentuan ide desain.

D. Penyelesaian

Melakukan *finishing* terhadap rancangan desain, dengan melakukan verifikasi terhadap konsumen/*marketing* dan menyiapkan dokumen untuk disampaikan kepada lini produksi.

#### 2.2.3.2 Gambar teknik

Menurut Puspito (2012), gambar teknik adalah suatu perangkat yang digunakan sebagai salah satu bentuk cara berkomunikasi dalam dunia teknik. Gambar teknik sering juga disebut sebagai “bahasa teknik”. Gambar memiliki beberapa fungsi yang dapat dikategorikan menjadi tiga golongan, yaitu:

A. Penyampaian informasi.

Gambar mempunyai fungsi sebagai penerus maksud dari perancang dengan tepat kepada setiap orang yang bersangkutan seperti perencana proses, pembuat, pemeriksa, dan perakit.

B. Pengawet, penyimpanan dan penggunaan keterangan

Gambar merupakan data teknis yang sangat baik untuk menyimpan informasi dari suatu perusahaan. Gambar bukan saja diawetkan untuk mensuplai bagian – bagian produk untuk perbaikan saja, tetapi gambar diperlukan juga untuk disimpan sebagai bahan informasi untuk rencana – rencana baru di waktu yang akan datang.

C. Cara pemikiran dalam penyiapan informasi

Gambar tidak hanya melukiskan gambar tetapi berfungsi sebagai sarana untuk meningkatkan daya pikir perancang. Konsep abstrak yang melintas dalam pemikiran diwujudkan dalam bentuk melalui proses pemikiran dari perencanaan dan gambar.

### 2.2.3.3 *Solidworks*

*Solidworks* adalah salah satu CAD *software* yang dibuat oleh *Dassault Systemes*. *Software Solidworks* digunakan untuk merancang *part* pemesinan atau susunan *part* pemesinan yang berupa *assembling* dengan tampilan 3D untuk merepresentasikan *part* sebelum *real part*-nya dibuat atau tampilan 2D (*drawing*) untuk gambar proses pemesinan (S Rahmat, 2019). Berikut gambar 2. 4 logo dari *Software Solidworks* 2018.



**Gambar 2. 4** *Solidworks* 2018 (solidworks.com)

*Solidworks* merupakan salah satu *software powerful* yang digunakan untuk mendesain dan mensimulasikan desain mekanis. Terdapat fitur sketsa, 3D, *assembly*, dan 2D *drawing* yang merupakan fitur pada *Solidworks* berupa gambar rancangan sebagai acuan untuk membuat alat (Altalmas dkk, 2013).

#### 2.2.3.4 Komponen elemen mesin

Elemen mesin adalah studi tentang bagian-bagian mesin yang terlihat dari segi bentuk, komponen, cara kerja, cara desain, dan perhitungan kekuatan komponen (Irawan, 2009). Komponen – komponen elemen mesin yang digunakan dalam rancang bangun perangkat pengecat pada *prototype* mesin pengecatan dinding diantaranya adalah:

##### A. Motor penggerak.

Motor listrik adalah sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini biasanya digunakan untuk memutar *impeller* pompa, *fan* atau *blower*, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan. Keuntungan utama motor DC adalah sebagai pengendali kecepatan yang tidak mempengaruhi kualitas pasokan daya (Dharma dkk, 2014). Berikut gambar 2. 5 wujud fisik dari motor listrik jenis DC tipe *worm gearbox*.



**Gambar 2. 5** Motor listrik DC *worm gearbox* (tokopedia.com)

##### A.1 Rumus perhitungan motor listrik.

Perhitungan motor listrik dapat dilakukan menggunakan persamaan dibawah ini (Dharma dkk, 2014):

- 1) Menghitung daya motor listrik

$$P = F \times v \quad (2.1)$$

Keterangan:

$P$  = daya motor listrik (kW)

$v$  = kecepatan (m/s)

$F$  = gaya (N)

- 2) Menghitung daya motor listrik dengan efisiensi daya

$$Pr = \frac{P_{total}}{\eta} \quad (2.2)$$

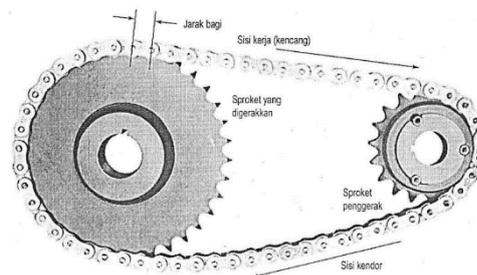
Keterangan:

$Pr$  = daya sesungguhnya (W)

$\eta$  = efisiensi (%)

#### B. Transmisi Sprocket dan rantai.

Rantai adalah elemen transmisi daya yang tersusun sebagai sebuah deretan penghubung dengan sambungan pena. Rancangan ini menyediakan fleksibilitas sehingga memungkinkan rantai mentransmisikan gaya tarik yang besar. Ketika mentransmisikan daya antara poros – poros yang berputar, rantai berhubungan terpadu dengan roda bergerigi yang disebut *sprocket* (Mott, 2009). Berikut gambar 2. 6 rangkaian dari transmisi rantai rol satu rangkaian.



**Gambar 2. 6** Transmisi rantai rol (Mott, 2009)

#### B.1 Rumus perhitungan sprocket dan rantai.

Perhitungan *sprocket* dan rantai dapat dilakukan menggunakan persamaan dibawah ini (Mott, 2009):

## 1) Menghitung daya rancangan

Daya rancangan merupakan perkalian antara daya motor/penggerak dengan faktor layanan.

$$H_d = P \times S_f \quad (2.3)$$

Keterangan:

$H_d$  = daya rancangan (HP)

$P$  = daya nominal motor/penggerak (HP)

$S_f$  = faktor layanan untuk transmisi rantai

2) Memilih jumlah gigi dan *pitch sprocket* kecil

Pilih jumlah gigi pada tabel *horse power rating* berdasarkan data *input* berupa putaran pada *sprocket* (poros penggerak), dan daya rancangan.

3) Menghitung jumlah gigi *sprocket* besar

Jumlah gigi pada *sprocket* besar dapat dihitung dengan persamaan:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{N_2}{N_1} \quad (2.4)$$

Keterangan:

$n_1$  = putaran poros penggerak (rpm)

$n_2$  = putaran poros yang digerakkan (rpm)

$N_1$  = jumlah gigi *sprocket* yang digerakkan (gigi)

$N_2$  = jumlah gigi *sprocket* penggerak (gigi)

4) Menghitung diameter jarak bagi *sprocket*

Diameter jarak bagi *sprocket* penggerak dan yang digerakkan dihitung dengan rumus:

$$D_1 = \frac{p}{\sin\left(\frac{180^\circ}{N_1}\right)} \quad (2.5)$$

$$D_2 = \frac{p}{\sin\left(\frac{180^\circ}{N_2}\right)} \quad (2.6)$$

Keterangan:

$p$  = *pitch*/jarak bagi rantai (*inch*)

$D$  = Diameter jarak bagi *sprocket* (*inch*)

## 5) Menentukan jarak antar sumbu poros

Nilai jarak antar sumbu poros *sprocket* berkisar antara 30 – 50 kali jarak baginya. Jika jarak antar sumbu poros *sprocket* telah ditentukan sebelumnya dalam satuan panjang (*inch*), maka nilai jarak antar sumbu poros *sprocket* adalah nilai jarak sumbu yang direncanakan  $\times$  *pitch* dalam satuan *inch*.

## 6) Menentukan panjang rantai

Panjang rantai dalam satuan kelipatan *pitch* (mata rantai) dihitung dengan rumus:

$$L_p = 2C + \frac{N_2 + N_1}{2} + \frac{(N_2 - N_1)^2}{4\pi^2 C} \quad (2.7)$$

$$L = L_p \times p \quad (2.8)$$

Keterangan:

$L_p$  = Panjang rantai dalam kelipatan *pitch*, harus bulat dan genap

$L$  = Panjang rantai aktual (*inch*)

$P$  = *pitch* / jarak bagi (*inch*)

7) Menentukan jarak antar sumbu poros *sprocket* aktual

Jarak antar sumbu poros *sprocket* aktual dihitung dengan rumus:

$$C = \frac{1}{4}p \left[ L_p - \left( \frac{N_2 + N_1}{2} \right) + \sqrt{\left( L_p - \frac{N_2 + N_1}{2} \right)^2 - \frac{8(N_2 - N_1)^2}{4\pi^2 C}} \right] \quad (2.9)$$

Keterangan:

$C$  = jarak antar sumbu poros aktual (*inch*)

## 8) Menghitung gaya pada rantai

Gaya yang terjadi akibat tarikan pada sisi kencang rantai dihitung dengan rumus:

$$F_c = \frac{T}{r} \quad (2.10)$$

Keterangan:

$F_c$  = gaya pada rantai (N)

$T$  = torsi (N.m)

$r$  = jari – jari *sprocket* penggerak (m)

### C. Poros.

Menurut Khurmi dan Gupta (2005), Poros adalah elemen mesin yang berbentuk batang, pada umumnya berpenampang lingkaran, berfungsi memindahkan putaran atau mendukung sesuatu beban dari satu tempat ke tempat lainnya.

#### C.1 Macam – macam poros.

Poros untuk meneruskan daya diklasifikasikan menurut pembebanannya sebagai berikut.

##### 1) Poros transmisi

Poros ini mendapat beban puntir dan lentur murni atau puntir dan lentur. Daya ditransmisikan kepada poros melalui kopling, roda gigi, puli dan sabuk atau *sprocket* dan rantai.

##### 2) Poros spindel

Poros transmisi yang relatif pendek seperti poros utama mesin perkakas, beban utamanya berupa puntiran. Syarat yang harus dipenuhi poros ini adalah deformasinya harus kecil dan bentuk serta ukurannya harus teliti.

##### 3) Poros gandar

Poros seperti yang dipasang diantara roda – roda kereta barang yang tidak mendapat beban puntir, bahkan kadang-kadang tidak boleh berputar. Gandar ini hanya mendapat beban lentur, kecuali jika digerakkan oleh penggerak mula yang akan mengalami beban puntir juga.

#### C.2 Hal – hal penting dalam perhitungan poros.

Untuk merencanakan sebuah poros, hal – hal berikut ini perlu diperhatikan antara lain:

##### 1) Kekuatan poros

Poros transmisi mengalami beban puntir atau gabungan antara puntir dan lentur, sehingga kekuatannya harus direncanakan sebelumnya agar cukup kuat dan mampu menahan beban yang akan diterima oleh poros.

2) Kekakuan poros

Apabila lenturan yang di alami poros terlalu besar, akan menyebabkan ketidakteelitian, getaran atau suara. Oleh karena itu kekakuan poros juga harus di perhatikan.

3) Putaran kritis

Putaran kerja poros harus lebih rendah dari putaran kritisnya apabila putaran poros dinaikan pada putaran kritisnya maka akan menyebabkan getaran yang sangat besar.

4) Korosi

Pemilihan bahan tahan korosi untuk poros sangat diperlukan apabila poros terjadi kontak dengan fluida yang korosif atau poros yang sering berhenti lama.

5) Bahan

Poros yang biasa digunakan pada mesin adalah baja dengan kadar karbon rendah.

C.3 Rumus perhitungan poros.

Perhitungan poros dapat dilakukan menggunakan persamaan dibawah ini (Khurmi dan Gupta, 2005):

1) Menghitung tegangan tarik yang diijinkan

$$\sigma_a = 0,3\sigma_u \quad (2. 11)$$

Keterangan:

$\sigma_u$  = *ultimate tensile stress* dari material yang akan digunakan (N/mm<sup>2</sup>)

2) Menghitung tegangan geser yang diijinkan

$$\tau_a = 0,18\sigma_u \quad (2. 12)$$

Keterangan:

$\tau_a$  = tegangan geser ijin (N/mm<sup>2</sup>)

## 3) Menghitung torsi ekuivalen

$$T_e = \sqrt{(K_m \times M)^2 + (K_t \times T)^2} \quad (2.13)$$

Keterangan:

$T$  = torsi (Nm)

$T_e$  = torsi ekuivalen gabungan (Nm)

$K_t$  = faktor kombinasi kejutan dan fatik untuk torsi

$K_m$  = faktor kombinasi kejutan dan fatik untuk bending momen

## 4) Menghitung diameter poros berdasarkan torsi ekuivalen

$$d_t = \left( \frac{16T_e}{\pi\tau_a} \right)^{1/3} \quad (2.14)$$

Keterangan:

$d_t$  = diameter poros berdasarkan torsi (mm)

## 5) Menghitung momen ekuivalen

$$M_e = \frac{1}{2} [K_m \times M] + T_e \quad (2.15)$$

Keterangan:

$M_e$  = momen ekuivalen gabungan (Nm)

$M$  = momen lentur (Nm)

## 6) Menghitung diameter poros berdasarkan momen ekuivalen

$$d_M = \left( \frac{32M_e}{\pi\sigma_a} \right)^{1/3} \quad (2.16)$$

Keterangan;

$d_M$  = diameter poros berdasarkan momen (mm)

$\sigma_a$  = tegangan tarik ijin (N/mm<sup>2</sup>)

## 7) Membandingkan hasil diameter

$$d_M : d_T \quad (2.17)$$

D. Bantalan.

Bantalan adalah komponen mesin yang berfungsi menumpu poros yang mempunyai beban tertentu, sehingga gerak berputar atau gerakan bolak balik dapat

berlangsung dengan halus, aman dan komponen tersebut dapat tahan lama. Bantalan harus cukup kuat dan kokoh agar komponen mesin lain dapat bekerja dengan baik (Irawan, 2009). Berikut gambar 2. 7 wujud fisik dari bantalan tipe kfl.



**Gambar 2. 7** Bantalan KFL (misumi-ec.com)

#### D.1 Rumus perhitungan bantalan.

Perhitungan bantalan dapat dilakukan menggunakan persamaan dibawah ini (Mott, 2009):

##### 1) Perhitungan jumlah putaran rancangan

$$L_d = h \times n \times 60 \quad (2. 18)$$

Keterangan:

$L_d$  = jumlah putaran rancangan (putaran)

$h$  = umur rancangan (jam)

$n$  = putaran poros (rpm)

##### 2) Perhitungan beban dinamis

$$C = P_d \times \left( \frac{L_d}{10^6} \right)^{1/k} \quad (2. 19)$$

Keterangan:

$C$  = beban dinamis (kN)

$P_d$  = beban (reaksi) terbesar pada bantalan (kN)

$k$  = 3 untuk bantalan bola

### 2.2.4 Proses produksi

Produksi diartikan sebagai suatu kegiatan atau proses yang mentransformasikan masukan (*input*) menjadi hasil keluaran (*output*). Produksi juga dapat diartikan sebagai kegiatan menghasilkan barang, baik barang jadi, barang setengah jadi, bahan industri, suku cadang, dan komponen (Sunardi, 2018).

#### 2.2.4.1 Proses pengukuran

Proses pengukuran merupakan proses membandingkan ukuran (dimensi) dari benda kerja dengan gambar kerja (desain) yang telah dibuat sekaligus memberikan penandaan (*marking*) pada benda kerja sebelum benda kerja diproses. Tujuan dilakukan pengukuran salah satunya supaya benda kerja yang diproses memiliki ukuran (dimensi) yang sama dengan gambar kerja (desain) yang telah direncanakan. Alat yang digunakan contohnya yaitu jangka sorong dan meteran sebagai alat ukur, penitik dan penggores sebagai alat untuk memberikan penandaan (*marking*) (Widarto dkk, 2008). Berikut gambar 2. 8 merupakan contoh alat bantu pengukuran.



**Gambar 2. 8** Alat ukur

#### 2.2.4.2 Proses pemotongan

Tujuan dilakukan pemotongan yaitu mengurangi ukuran benda kerja awal menjadi ukuran benda kerja yang sesuai dengan ukuran yang direncanakan dengan memanfaatkan gesekan dari alat potong dengan benda yang akan dipotong. Mesin yang biasa digunakan untuk memotong yaitu mesin *bandsaw* dan mesin gerinda potong. Berikut gambar 2. 9 merupakan contoh mesin yang digunakan untuk pemotongan material.



**Gambar 2. 9** Alat potong mesin *metal cutting saw*

### A. Rumus perhitungan proses pemotongan.

Rumus perhitungan proses pemotongan yang akan digunakan untuk memotong baja siku sebagai *frame* pada perangkat pengecat, yaitu (Nugroho, 2021):

#### A.1 Perhitungan waktu rata – rata.

$$T = \frac{T_{rata-rata}}{A} \quad (2.20)$$

Keterangan:

$T$  = waktu persatuan luas penampang (s/cm<sup>2</sup>)

$T_{rata-rata}$  = waktu rata – rata proses pemotongan (s)

$A$  = luas penampang potong (cm<sup>2</sup>)

#### A.2 Perhitungan waktu total pemotongan.

$$T_c = T \times I \times A \quad (2.21)$$

Keterangan:

$T_c$  = waktu total pemotongan (min)

$T$  = waktu persatuan luas penampang (s/cm<sup>2</sup>)

$A$  = luas penampang potong (cm<sup>2</sup>)

$I$  = jumlah benda yang dipotong (buah)

### 2.2.4.3 Proses gurdi

Proses gurdi adalah proses pembuatan lubang bulat dengan menggunakan mata bor (*twist drill*). Proses gurdi adalah proses awal pembuatan lubang pada benda kerja sedangkan pengeboran adalah proses lanjutan dari proses gurdi untuk menghasilkan diameter lubang yang lebih besar (Widarto dkk, 2008). Berikut gambar 2. 10 merupakan wujud dari mesin gurdi.



**Gambar 2. 10** Mesin gurdi

A. Rumus perhitungan proses pembuatan lubang.

Rumus perhitungan yang akan digunakan untuk proses pembuatan lubang pada baja siku *frame* dari perangkat pengecat, yaitu (Widarto dkk, 2008):

A.1 Kecepatan potong.

$$v = \frac{\pi dn}{1000} \quad (2.22)$$

Keterangan:

$v$  = kecepatan potong (m/menit)

$n$  = putaran spindel (rpm)

$d$  = diameter gurdi (mm)

A.2 Gerak makan per mata potong.

1) Untuk baja

$$f = 0,084 \sqrt[3]{d} \quad (2.23)$$

Keterangan:

$f$  = gerak makan (mm/put)

$d$  = diameter mata bor (mm)

A.3 Kedalaman potong.

$$a = \frac{d}{2} \quad (2.24)$$

Keterangan:

$a$  = kedalaman potong (mm)

$d$  = diameter mata bor (mm)

A.4 Waktu pemotongan.

$$t_c = \frac{l_t}{v_f} \quad (2.25)$$

Keterangan:

$t_c$  = waktu pemotongan (min/lubang)

$v_f$  = kecepatan makan (mm/min)

$l_t$  = panjang pemotongan (mm)

$$= l_v + l_w + l_n$$

- $l_v$  = Panjang langkah awal pemotongan (mm)  
 $l_w$  = Panjang pemotongan benda kerja (mm)  
 $l_n$  = Panjang langkah akhir pemotongan (mm)  
 $= (d/2)/\tan k_r$

#### 2.2.4.4 Proses pengelasan

Sambungan las adalah sambungan permanen yang diperoleh dengan peleburan sisi dua bagian yang disambung bersamaan, dengan atau tanpa tekanan dan bahan pengisi (Nur dan Suyuti, 2017). Salah satu metoda pengelasan yang banyak digunakan adalah pengelasan busur elektroda terbungkus (*Shielded metal arc welding*) dimana proses pengelasan yang perpaduan logam – logamnya dihasilkan melalui panas dari busur listrik yang timbul antara ujung elektroda terbungkus dan permukaan logam yang dilas (Kou, 2003). Berikut gambar 2. 11 merupakan salah satu contoh mesin las SMAW.



**Gambar 2. 11** Mesin las SMAW

#### A. Rumus perhitungan proses pengelasan.

Rumus perhitungan yang akan digunakan untuk proses pengelasan *frame* dari perangkat pengecat, yaitu (Nugroho, 2021):

##### A.1 Panjang pengelasan total.

$$l_{tot} = l_{pengelasan} \times n_{pengelasan} \quad (2. 26)$$

Keterangan:

$l_{tot}$  = panjang pengelasan total (mm)

$l_{pengelasan}$  = panjang pengelasan tiap titik (mm)

$n_{pengelasan}$  = jumlah titik pengelasan (titik)

### A.2 Waktu pengelasan.

$$t_{pengelasan} = n_{elektroda} \times t_{elektroda} \quad (2.27)$$

Keterangan:

$t_{pengelasan}$  = waktu pengelasan (*min*)

$n_{elektroda}$  = jumlah elektroda (*batang*)

$$= \frac{\text{total panjang las}}{\text{panjang las per batang elektroda}}$$

$t_{elektroda}$  = waktu pengelasan per batang elektroda (*min/batang*)

#### 2.2.4.5 Proses pembubutan

Proses bubut adalah proses pemesinan untuk menghasilkan bagian – bagian mesin berbentuk silindris yang dikerjakan dengan menggunakan mesin bubut. Proses pembubutan dilakukan guna mengubah ukuran dan bentuk dari benda kerja berpenampang lingkaran dengan cara penyayatan menggunakan pahat (Widarto dkk, 2008). Berikut gambar 2. 12 merupakan wujud dari mesin bubut.



**Gambar 2. 12** Mesin bubut

### A. Rumus perhitungan pada proses pembubutan.

Rumus perhitungan yang akan digunakan untuk proses pembubutan poros transmisi pada perangkat pengecat, yaitu (Widarto dkk, 2008):

#### A.1 Kecepatan potong.

$$v = \frac{\pi dn}{1000} \quad (2.28)$$

Keterangan:

$d$  = diameter benda kerja (mm)

$$= (d_o - d_m) / 2$$

$d_o$  = diameter awal (mm)

$d_m$  = diameter akhir (mm)

#### A.2 Kecepatan makan.

$$v_f = f \times n \quad (2.29)$$

Keterangan :

$v_f$  = Kecepatan makan (mm/menit)

$f$  = gerak makan (mm/putaran)

#### A.3 Waktu pemotongan.

$$t_c = \frac{l_t}{v_f} \quad (2.30)$$

Keterangan:

$t_c$  = waktu pemotongan (min)

$l_t$  = Panjang pemotongan (mm)

#### 2.2.4.6 Proses gerinda (*grinding*)

Mesin gerinda adalah salah satu mesin perkakas yang digunakan untuk mengasah/memotong benda kerja dengan tujuan tertentu. Prinsip kerja mesin gerinda adalah batu gerinda berputar bersentuhan dengan benda kerja sehingga terjadi pengikisan, penajaman, pengasahan atau pemotongan. Proses gerinda (*grinding*) juga bertujuan untuk merapikan dan memperhalus permukaan benda kerja yang masih agak kasar atau digunakan untuk mengurangi ukuran dari benda kerja yang sedang diproses (Widarto dkk, 2008). Berikut gambar 2. 13 merupakan wujud dari mesin gerinda tangan.



**Gambar 2. 13** Mesin gerinda tangan

### 2.2.5 Perhitungan estimasi waktu proses produksi

Perhitungan estimasi waktu proses produksi dihitung dengan rumus (Nugroho, 2021):

$$t_{total\ produksi} = \sum t_{proses\ produksi} \quad (2.31)$$

keterangan:

$t_{total\ produksi}$  = total estimasi waktu produksi (*min*)

$\sum t_{proses\ produksi}$  = jumlah waktu proses produksi (*min*)