

BAB II

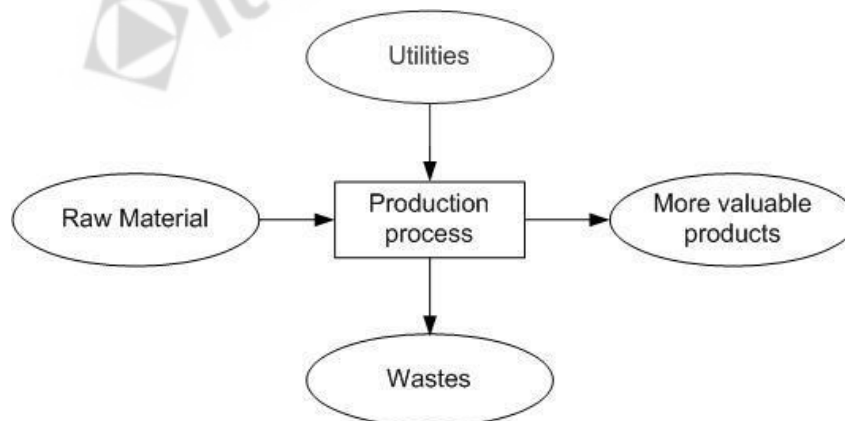
STUDI LITERATUR

2.1 Proses Produksi

Proses produksi diartikan sebagai suatu cara, metode dan teknik bagaimana sesungguhnya sumber-sumber (tenaga kerja, mesin, bahan dan dana) yang ada diubah untuk memperoleh suatu hasil. Produksi adalah kegiatan untuk menciptakan atau menambah kegunaan barang atau jasa (Assauri, 1995).

Proses juga diartikan sebagai cara, metode ataupun teknik bagaimana produksi itu dilaksanakan. Produksi adalah kegiatan untuk menciptakan dan menambah kegunaan (*Utility*) suatu barang dan jasa. Menurut Ahyari (2002) proses produksi adalah suatu cara, metode ataupun teknik menambah kegunaan suatu barang dan jasa dengan menggunakan faktor produksi yang ada.

Melihat kedua definisi di atas, dapat diambil kesimpulan bahwa proses produksi merupakan kegiatan untuk menciptakan atau menambah kegunaan suatu barang atau jasa dengan menggunakan faktor-faktor yang ada seperti tenaga kerja, mesin, bahan baku dan dana agar lebih bermanfaat bagi kebutuhan manusia.



Gambar 2.1 Skema Proses Produksi

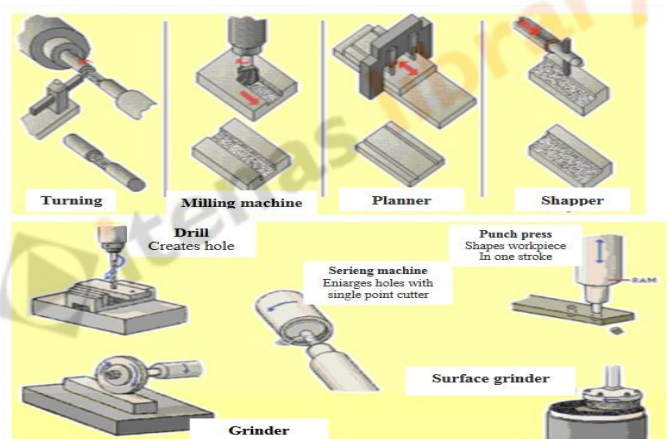
(Sumber : Widarto, 2008)

2.2 Pengertian Pemesinan

Proses pemesinan adalah sebuah proses produksi dengan menggunakan mesin perkakas dengan memanfaatkan gerakan relatif antara pahat dengan benda kerja sehingga menghasilkan suatu produk sesuai dengan hasil geometri yang

diinginkan. Pada umumnya benda yang akan dikerjakan pada proses pemesinan adalah berasal dari proses sebelumnya seperti *casting* (penuangan), *heat treatment* dan lain-lain (Widarto, 2008).

Proses pemesinan dapat diklasifikasikan dalam dua klasifikasi besar yaitu proses pemesinan untuk membentuk benda kerja silindris atau konis dengan benda kerja atau pahat berputar, dan proses pemesinan untuk membentuk benda kerja permukaan datar tanpa memutar benda kerja. Klasifikasi yang pertama meliputi proses bubut dan variasi proses yang dilakukan dengan menggunakan mesin bubut, mesin gurdi (*drilling machine*), mesin frais (*milling machine*), mesin gerinda (*grinding machine*). Klasifikasi kedua meliputi proses sekrap (*shapping planing*), proses slot (*slotting*), proses menggergaji (*sawing*) dan proses pemotongan roda gigi (*gear cutting*). Beberapa proses pemesinan tersebut diuraikan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Proses Pemesinan

(Sumber : Widarto, 2008)

Proses pemotongan logam merupakan suatu proses yang digunakan untuk mengubah bentuk dari logam (komponen mesin) dengan cara memotong. Proses pemotongan dengan menggunakan pahat potong yang dipasang pada mesin perkakas dalam istilah teknik sering disebut dengan nama proses permesinan. Komponen mesin yang terbuat dari logam mempunyai bentuk yang beraneka ragam. Umumnya mereka dibuat dengan proses permesinan dari bahan yang berasal dari proses sebelumnya yaitu proses penuangan (*casting*) dan atau proses pengolahan bentuk (*metal forming*). Karena bentuknya yang beraneka ragam

tersebut maka proses pemesinan yang dilakukannya pun bermacam-macam sesuai dengan bidang yang dihasilkan yaitu silindrik atau rata. Klasifikasi proses pemesinan menurut jenis mesin dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Klasifikasi Proses Pemesinan Menurut Jenis Mesin

(Sumber : Widarto, 2008)

No	Jenis Mesin	Gerak Potong	Gerak Makan
1	Mesin Bubut	Benda Kerja (Rotasi)	Pahat (Translasi)
2	Mesin Freis	Pahat (Rotasi)	Benda Kerja (Translasi)
3	Mesin Sekrap	Pahat (Translasi)	Benda Kerja (Translasi)
4	Mesin Gurdi	Pahat (Rotasi)	Pahat (Rotasi)
5	Gergaji	Pahat (Translasi)	-
6	Gerinda	Pahat (Rotasi)	Benda Kerja (Translasi)

2.3 Elemen Dasar Proses Pemesinan

Berdasarkan gambar teknik, dimana dinyatakan spesifikasi geometrik suatu produk komponen mesin, salah satu atau beberapa jenis proses pemesinan harus dipilih sebagai suatu proses atau urutan proses yang digunakan untuk membuatnya. Bagi suatu tingkatan proses, ukuran obyektif ditentukan, dan pahat harus membuang sebagian material benda kerja sampai ukuran obyektif tersebut tercapai. Hal ini dapat dilaksanakan dengan cara menentukan penampang geram (sebelum terpotong). Selain itu, setelah berbagai aspek teknologi ditinjau, kecepatan pembuangan geram dapat dipilih supaya waktu pemotongan sesuai dengan yang dikehendaki. Untuk itu perlu dipahami lima elemen dasar proses pemesinan, yaitu :

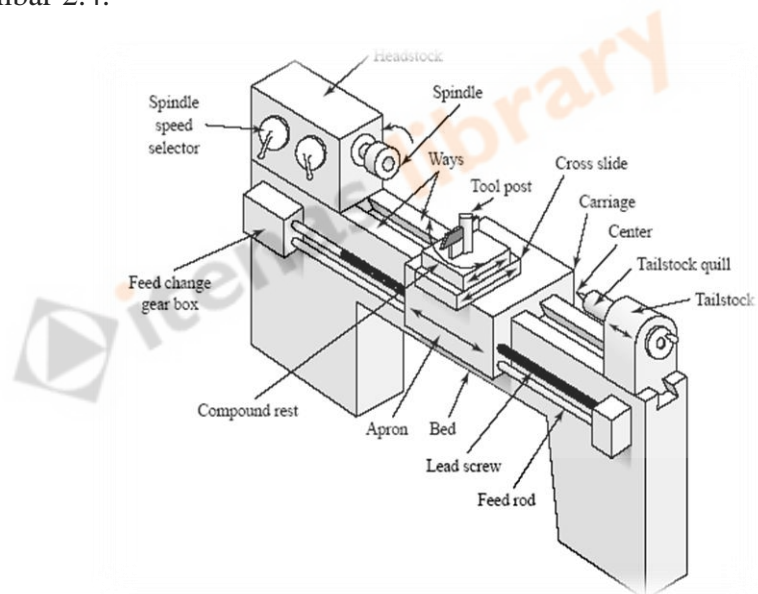
1. Kecepatan potong (cutting speed): V_c (m/min)
2. Kecepatan makan (feeding speed) : V_f (mm/min)
3. Kedalaman potong (depth of cut): a (mm)
4. Waktu pemotongan (cutting time) : t_c (min), dan
5. Kecepatan penghasilan geram (rate of metal removal) : Z (cm³/min)

Elemen proses pemesinan (V_c , V_f , a , t_c dan Z) dihitung berdasarkan dimensi benda kerja dan pahat, serta besaran dari mesin perkakas. Besaran mesin perkakas diatur ada bermacam-macam tergantung pada jenis mesin perkakas. Oleh sebab itu, rumus yang dipakai untuk menghitung setiap elemen proses pemesinan dapat berlainan.

2.3.1 Proses Bubut

Proses bubut adalah proses pemesinan untuk menghasilkan bagian-bagian mesin berbentuk silindris yang dikerjakan dengan menggunakan Mesin Bubut. Bentuk dasarnya dapat diartikan selaku proses pemesinan permukaan luar benda silinder :

Gambar skematis mesin bubut dan bagian-bagiannya dijelaskan pada Gambar 2.4.

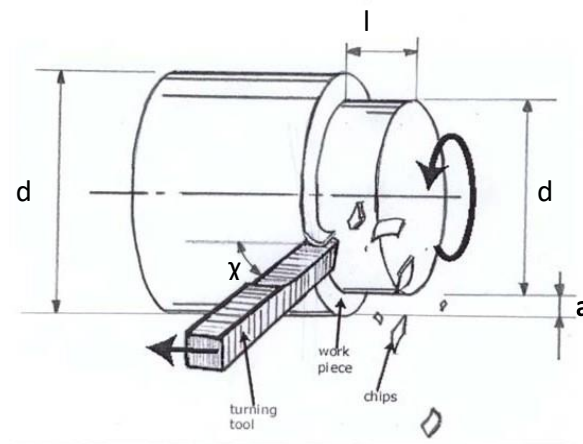


Gambar 2.3. Gambar skematis Mesin Bubut dan nama bagian-bagiannya

(Sumber : Dr.Dwi Rahdiyanta, 2010)

- **Perencanaan dan perhitungan proses pemesian bubut**

Elemen dasar proses bubut dapat dihitung dengan menggunakan rumus-rumus dan Gambar 2.8 berikut :



Gambar 2.4. Proses bubut

(Sumber : Dr.Dwi Rahdiyanta, 2010)

Keterangan :

Benda kerja

a :

D_o = diameter awal ; mm

D_m = diameter akhir ; mm

D_i = panjang pemakanan ; mm

Pahat :

χ_r = sudut potong utama

Mesin Bubut :

a = kedalaman pemotongan, mm

f = gerak makan; mm / putaran

n = putaran poros utama; putaran/menit

1) Kecepatan potong (V_c)

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ m/mi} \dots\dots\dots (2.2)$$

D = diameter benda kerja (mm)

n = putaran spindel (rpm)

2) Kecepatan Makan (V_f)

$$V_f = f \cdot n \cdot Z_{ph} : \text{mm/min} \dots\dots\dots (2.3)$$

Z_{ph} = jumlah mata potong pahat

f = gerak makan (mm/putaran)

3) Kedalaman pemotongan

$$a = \frac{D_o - D_i}{2} ; \text{mm} \dots\dots\dots (2.4)$$

D_o = Diameter awal benda kerja

D_i = Diameter akhir benda kerja

4) Kecepatan penghasilan gram

$$Z = f \cdot a \cdot V_c \text{ cm}^3/\text{min}$$

a = Kedalaman pemotongan (mm)

5) Waktu Pemotongan

$$T_c = \frac{L_t}{f \cdot n \cdot Z_{ph}} ; \text{min} \dots\dots\dots (2.5)$$

L_t = Panjang pemotongan (mm)

6) Waktu efektif

$$T_{eff} = \frac{L_t \cdot Z}{f \cdot n \cdot Z_{ph}} ; \text{min} \dots\dots\dots (2.6)$$

z = Banyaknya pemakanan

a = Besar pemakanan per skala (mm/skala)

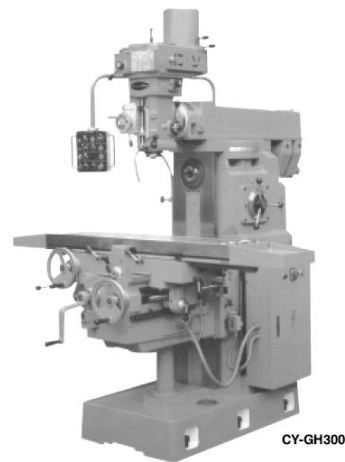
x = Skala maksimum pemakanan (pemakanan/skala)

2.3.2 Proses Freish

Proses pemesinan frais merupakan proses penyayatan benda kerja dengan pahat potong yang berputar. Proses penyayatan dengan gigi potong yang banyak yang mengitari pahat ini bisa menghasilkan proses pemesinan lebih cepat.

Mesin frais ada yang dikendalikan secara mekanis (konvensional manual) dan dengan bantuan CNC. Mesin konvensional manual ada biasanya spindelnya ada dua macam yaitu horisontal dan vertikal.

Sedangkan mesin frais dengan kendali CNC hampir semuanya adalah mesin frais vertikal . (Dr.Dwi Rahdiyanta 2010).

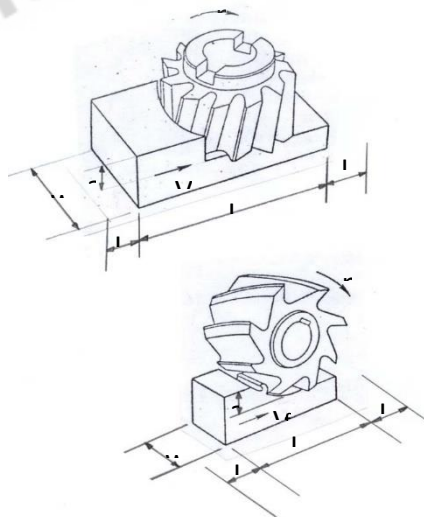


Gambar 2.5. Mesin frais *turret* vertikal horisontal

(Sumber :Dr.Dwi Rahdiyanta, 2010)

A. Elemen Dasar Proses Frais

Elemen dasar proses frais hampir sama dengan elemen dasar proses bubut. Elemen diturunkan berdasarkan rumus dan Gambar 2.12 berikut :



Gambar 2.6. skematis proses frais vertikal dan frais horisontal

(Sumber : Dr.Dwi Rahdiyanta, 2010)

Keterangan :

Benda kerja :

- w = lebar pemotongan; mm
 l_w = panjang pemotongan ; mm
 l_t = $l_v + l_w + l_n$; mm
 a = kedalaman potong, mm

Pahat Frais :

- d = diameter luar ; mm
 z = jumlah gigi (mata potong)
 χ_r = sudut potong utama (90°) untuk pahat frais

Mesin frais :

- n = putaran poros utama ; rpm
 v_f = kecepatan makan ; mm/putaran

1) Kecepatan Pemotongan (V_c)

$$V_c = \frac{\pi \cdot D_{ph} \cdot n}{1000} \text{ m/min} \dots\dots\dots (2.8)$$

D_{ph} = Diameter Pahat (mm)

n = Putaran Spindle (rpm)

2) Kecepatan Pemakanan (V_f)

$$V_f = f \cdot Z_{ph} \cdot n ; \quad \text{mm/min} \dots\dots\dots (2.9)$$

f = gerak makan (mm/gigi)

n = Putaran Spindle (Rpm)

Z_{ph} = Jumlah mata potong pahat

3) Waktu pemotongan (T_c)

$$T_c = \frac{L_t}{V_f} ; \text{min} \dots\dots\dots (2.10)$$

4) Waktu efektif (T_{eff})

$$T_{eff} = \frac{L_t \cdot z}{f \cdot Z_{ph} \cdot n} \dots\dots\dots (2.11)$$

T_{eff} = Waktu efektif pemotongan (menit)

T_c = Waktu pemotongan (menit)

L_t = Panjang Langkh (mm)

z = Banyaknya pemakanan

n = Putaran Spindle (rpm)

T_{eff} = Jumlah mata potong pahat

5) Kecepatan Penghasil geram (Z)

$$Z = \frac{V_f \cdot a \cdot w}{1000} \left[\frac{cm^3}{min} \right] \dots \dots \dots (2.12)$$

a = Kedalaman Pemotongan (mm)

w = Lebar Pemotongan (mm)

D_p = Diameter *pitch*

6) Kedalaman Pemotongan (α)

$$\alpha = t_o - t_i \dots \dots \dots (2.13)$$

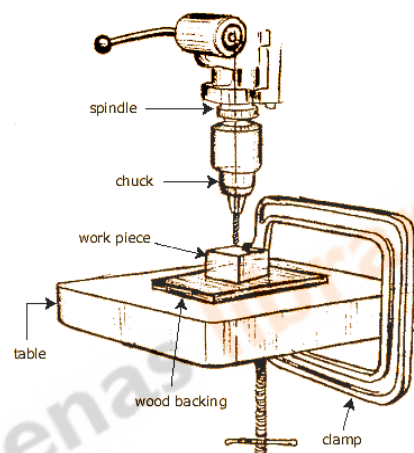
t_o = Tebal awal benda kerja (mm)

t_i = Tebal Akhir (mm)

Rumus-rumus tersebut di atas digunakan untuk perencanaan proses frais. Proses frais bisa dilakukan dengan banyak cara menurut jenis pahat yang digunakan dan bentuk benda kerjanya. Dengan demikian hasil analisa/perencanaan merupakan pendekatan bukan merupakan hasil yang optimal. (Dr.Dwi Rahdiyanta 2010).

2.3.4 Mesin Gurdi (*Drilling Machine*)

Gurdi merupakan sebuah alat pahat pemotong yang ujungnya berputar dan memiliki satu atau beberapa sisi potong dan galur yang berhubungan *continue* disepanjang badan gurdi. Galur ini, yang dapat lurus atau helik. Mesin yang digunakan untuk melakukan proses gurdi adalah mesin gurdi/ Drilling Machine. Proses pembuatan lubang bisa dilakukan untuk satu pahat saja atau dengan banyak pahat . Dapat dilihat pada gambar 2.13 (Paryanto M.Pd.2011).

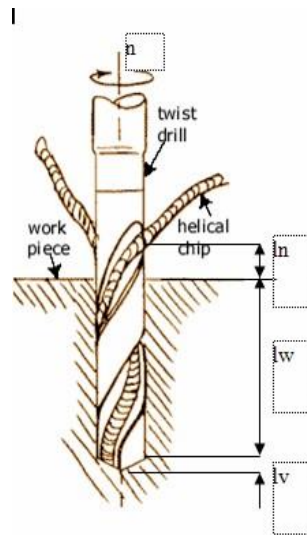


Gambar 2.7. Gambar skematis mesin *drilling*

(Sumber : Paryanto M.Pd. ,2011)

- **Elemen dasar proses gurdi**

Parameter proses gurdi pada hakikatnya sama dengan parameter proses lainnya, akan tetapi dalam proses gurdi selain kecepatan potong, gerak makan, dan kedalaman potong perlu dipertimbangkan pula gaya aksial, dan momen punter yang diperlukan pada proses gurdi, Gambar 2.14. ggambar Skematik Proses gurdi / *Drilling* .



Gambar 2.8. Gambar skematis proses gundi /drilling

(Sumber : Paryanto M.Pd. ,2011)

- 1) Kecepatan potong (v):

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} ; (\text{m/min}) \dots\dots\dots (2.15)$$

- 2) Gerak makan per mata potong (f_z):

$$f_z = \frac{V_f}{(n \cdot z)} ; (\text{mm/put}) \dots\dots\dots (2.16)$$

- 3) Kedalaman Pemotongan (α):

$$\alpha = \frac{d}{2} ; (\text{mm}) \dots\dots\dots (2.17)$$

- 4) Waktu potong (t_c):

$$t_c = \frac{l_t}{v_t} ; (\text{min}) \dots\dots\dots (2.18)$$

Dimana,

$$l_t = l_v + l_w + l_n ; (\text{mm}), \dots\dots\dots (2.19)$$

$$l_n = \left(\frac{d}{2}\right) / \tan a ; (\text{mm}) \dots\dots\dots (2.20)$$

l_t = Panjang seluruh pemotongan ; mm

l_v = panjang pemotongan awal ; mm

l_n = panjang pemotongan akhir ; mm

- 5) Kecepatan penghasilan geram (z):

$$z = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \frac{V_f}{1000} ; (\text{cm}^3 / \text{min}) \dots\dots\dots (2.21)$$

Tabel 2.2 Kecepatan Potong Bubut, Freis, Gurdi

(Sumber : Paryanto M.Pd. ,2011)

Bahan yang dikerjakan	Untuk pekerjaan				Untuk pemotongan			Bahan pendingin yang digunakan
	Bor	Bubut	Sekrap	Freis	Kasar	Halus	Ulir	
Mild steel	80	100	65	100	80	100	35	Solubie oil
H.C Steel	40	50	40	80	70	90	30	Solubie oil
Cast steel	50	50	40	80	60	80	25	Tanpa coolant
Stainles steel	65	65	50	90	80	95	30	Solubie oil
Brass	160	190	100	300	150	200	50	Tanpa coolant
Copper	180	190	100	300	180	250	50	Solubie oil
Bronze	65	65	50	100	90	100	25	Tanpa coolant
Alumunium	190	330	130	500	200	300	50	Terpentin/kerosen
Zink	100	130	100	250	150	200	45	
Plastik	160	160	120	200	140	200	40	
Tool steel	30	50	30	70	50	75	20	Solubie oil

2.3.5 Proses Boring

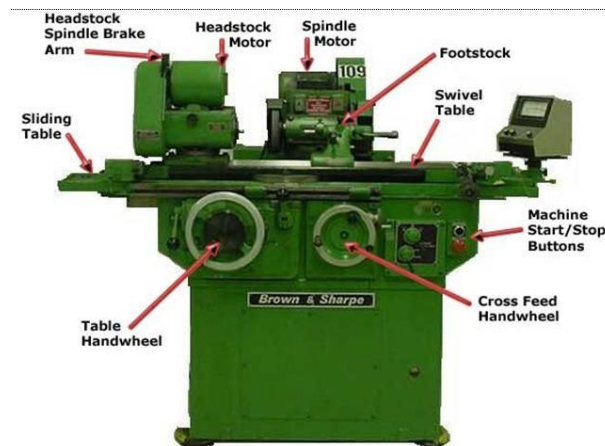
Proses boring merupakan proses pembesaran lubang yang telah ada menggunakan alat khusus berupa pahat ISO 8 ataupun pahat ISO 9. Pengeboran di mesin bubut diameter lubang yang dihasilkan sangat terbatas. Pada mesin bubut standar, maksimal diameter lubang adalah 36 mm. Maka untuk memperoleh diameter yang lebih besar harus dilakukan pembubutan dalam dengan menggunakan pahat bubut dalam. Selain itu, pembubutan dalam dilakukan apabila diinginkan kehalusan serta ukuran yang teliti dimana apabila menggunakan *twist drill* / bor tidak dapat diperoleh hasil yang sesuai. Pada mesin ini alat potong yang digunakan berupa *single point tool* (mata potong satu) yang terbuat dari HSS atau bisa juga *Crabide*, *Ceramic* bahkan, juga pada fungsinya.

2.3.6 Proses Grinda

Mesin gerinda adalah salah satu mesin perkakas yang digunakan untuk memotong/ mengasah benda kerja dengan tujuan tertentu. (Paryanto M.Pd.2011)

Prinsip kerja mesin gerinda adalah roda gerinda berputar bersentuhan dengan benda kerja dan terjadi pemotongan/ pengasahan. Bagian-bagian mesin gerinda duduk dapat dilihat pada gambar 2.15. (Paryanto M.Pd.2011)

- **Bagian-bagian mesin gerinda silindris :**



Gambar 2.9.Gambar Bagian-bagian mesin gerinda *silindris*

(Sumber : Paryanto M.Pd. ,2011)

2.4 Kerja Bangku

Kerja bangku merupakan proses pengerjaan atau penyelesaian benda kerja (*finishing*) setelah dikerjakan dengan alat-alat lain, dengan menggunakan alat-alat yang sederhana (*non* mesin), tidak menggunakan ketelitian dan dikerjakan di atas bangku atau meja kerja.

➤ Faktor – factor yang mempengaruhi kerja bangku

1. Operator

Operator wajib memiliki pengetahuan yang cukup penggunaan alat-alat secara baik dan benar, operator dituntut mempunyai keterampilan yang cukup, hal yang mendukung proses kerja bangku dan juga stamina operator yang mantap untuk menghasilkan benda kerja yang sesuai dengan apa yang diinginkan.

2. Alat

Efisien pekerja tergantung terhadap kualitas dan kondisi dari alat-alat yang telah tersedia serta letak alat yang rapi. Hanya alat-alat yang dibutuhkan untuk bekerja di atas bangku kerja. Alat-alat yang *sensitive* atau alat yang sejenisnya diletakkan di tempat terpisah. Kikir tidak boleh diletakkan bersilang atau bertumpukkan untuk menghindari kerusakan gigi-giginya. Alat-alat dan perlengkapan harus dijaga dan dirawat kebersihannya, hanya demikian efesiansi pekerja dapat terlaksana.

3. Lingkungan

Kebersihan sekitar tempat kerja mendukung operator dalam melaksanakan proses kerja bangku.

2. Material

Bahan yang digunakan pada kerja bangku adalah St.37 sifat lunak sehingga dapat dilakukan pengerjaan.

➤ **Peralatan yang digunakan dalam proses kerja bangku :**

1. Catok / ragum

Catok atau ragum merupakan alat yang digunakan untuk menjepit benda kerja supaya tidak bergeser pada saat pengerjaan.

2. Kikir

Kikir merupakan alat untuk menghaluskan permukaan atau meratakan benda kerja.

3. Gergaji tangan

Gergaji tangan merupakan alat untuk memotong atau mengurangi ketebalan benda kerja.

4. Mistar Siku

Mistar siku berfungsi untuk mengukur benda kerja atau mengambil ukuran benda kerja.

5. Penggores

Penggores sebuah alat untuk memberi tanda atau menarik goresan pada saat proses kerja bangku.

6. Penitik

Penitik merupakan sebuah alat untuk menandai benda kerja.

7. Palu

Palu diperlukan untuk memberi bentuk pada benda kerja dengan tanpa alat bantu.

8. Jangka gores

Jangka gores digunakan untuk membuat goresan lengkung pada permukaan benda kerja.

9. Tap

Tap merupakan alat untuk membuat ulir dalam dan luar pada benda kerja terutama logam.

2.5 Proses Penyambungan (*Joining*)

Proses penyambungan merupakan proses produksi penggabungan dua buah atau lebih material dengan atau tidak menggunakan material penyambung sehingga terbentuk satu material yang diinginkan. Penyambungan dapat dilakukan melalui pengelasan, mematri, penyolderan, pengelingan, perekatan dengan lem, penyambungan dengan baut dan lain-lain. Pada proses pengelasan, bagian logam disatukan dengan cara mencairkannya dengan menggunakan panas atau tanpa tekanan.

Proses penyambungan dapat dikelompokkan menjadi 2, yaitu :

1. Penyambungan permanen

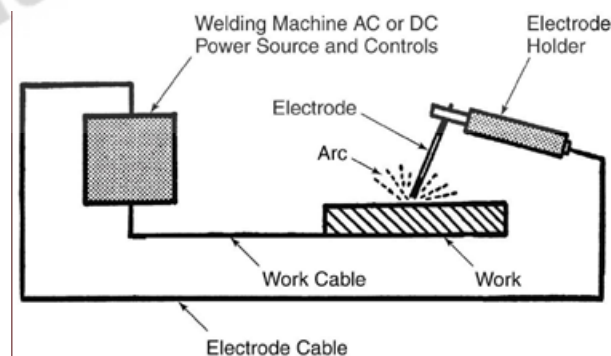
Penyambungan permanen adalah penyambungan yang tidak dapat dipisahkan lagi, apabila dipisahkan akan dapat merusak komponennya. Contohnya Pengelasan, patri, solder, pengeleman dan lain-lain.

➤ Pengelasan

Pengelasan merupakan proses penyambungan dua buah logam atau lebih menjadi satu kesatuan menggunakan panas dengan atau tanpa tekanan dan dapat juga didefinisikan ikatan metalurgi yang ditimbulkan oleh gaya tarik menarik atom. Mengelas merupakan penyambungan dua buah logam dengan cara memanaskan hingga lebur dengan memakai logam pengisi atau tanpa bahan pengisi. System sambungan las ini termasuk jenis sambungan tetap atau permanen dimana sambungan ini banyak digunakan.

Proses Pengelasan mempunyai keuntungan dan keterbatasan sebagai penyambung logam di banding proses penyambungan lain antara lain:

1. Suatu konstruksi yang tidak mungkin disambung dengan baut atau lem dalam hali ini penyambungan dengan pengelasan harus di lakukan.
2. Tidak banyak menggunakan material dan hasil sambungan menjadi ringan.
3. Mudah dalam pelaksanaanya
4. Disain sambungan lebih bebas dan tidak terikat oleh dimensi
5. Dapat menyambung lebih dari dua permukaan logam
6. Sambungan dapat tidak terlihat
7. Dapat juga menyambungan dua jenis logam yang berbeda
8. Proses penyambungan juga dapat di lakukan didalam air.
9. Apabila prosedur pengelasan yang dilakukan benar, dapat menghasilkan kekuatan sambungan yang tinggi dan tidak terjadi kebocoran.
10. Membutuhkan tenaga ahli dalam perencanaan dan pelaksanaan proses pengelasan (*welder* yang memiliki sertifikasi).
11. Terjadinya perubahan metalurgi pada hasil pengelasan, yang mengakibatkan sifat mekanik dan fisik dari logam yang akan di las mengalami perubahan.



Gambar 2.10 Prinsip kerja las SMAW

(Sumber: Suratman, 2001)

- Prinsip kerja las busur listrik

Sebelum melakukan pengelasan, untuk membangkitkan nyala api (busur), elektroda yang terhubung dengan salah satu kutub sumber arus(+/-) di goreskan terlebih dahulu ke permukaan benda kerja yang juga sudah terhubung dengan salah satu kutub sumber arus, tahap ini di kenal denga *strike*

of arc sehingga di permukaan antara elektroda dan benda kerja akan terjadi loncatan api yang menandakan bahwa ada arus listrik yang mengalir di antara kedua permukaan.

Kemudian ujung elektroda di tarik sedikit menjauhi permukaan benda kerja sekitar 2mm atau 3mm hingga jarak itu mencapai busur nyala. Elektroda selama pengelasan mencair bersama benda kerja. Fluks yang terdapat pada selektroda akan terbakar membentuk gas. Gas hasil pembakaran ini akan melindungi logam las selama proses pengelasan. Selain itu fluk yang terbuat dari bahan yang ringan akan mengapung keatas logam cair membentuk terak (*slag*) dan akan membeku menutupi hasil lasan. Terak yang menutupi logam lasan akan melindungi hasil pengelasan dari pengaruh lingkungan luar terutama terhadap serangan hidrogen. Pada saat pemukulan dalam pembuangan terak sekaligus hal tersebut sebagai perlakuan untuk menghilangkan tegangan sisa pada hasil lasan.

Adapun peralatan las busur listrik sebagai berikut :

- a. Pesawat Las
- b. Kabel Pengelasan
- c. Elektroda
- d. Tang massa
- e. Pemegang elektroda

Pada las SMAW ini pengaturan besarnya arus dapat memutar dimer arus dan besarnya dapat dilihat ada skala arus yang terdapat pada inverter las. Besarnya arus yang digunakan dapat berpengaruh pada hasil lasan antara lain

1. Bila arus terlalu rendah

- a. Busur akan sulit untuk menyala
- b. Busur yang terbentuk tidak stabil
- c. Panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan elektroda dan logam dasar .
- d. Penetrasi tidak dalam

2. Bila arus terlalu tinggi

- a. Elektroda akan cepat mencair

- b. Permukaan hasil lasan akan lebar
- c. Untuk pengelasan pelat tipis, akan mengakibatkan lubang-lubang.
- d. Penembusan sangat dalam.

tabel 2.5 dibawah ini, dapat digunakan untuk menentukan besarnya arus yang digunakan pada berbagai diameter elektroda dan tipe elektroda.

Tabel 2.3 Besar arus pada diameter elektroda dan tipe elektroda (AWS)

(Sumber: Suratman, 2001)

Diameter (mm)	Tipe Elektroda dan besarnya arus (Ampere)					
	E-6010	E6014	E7018	E7024	E7027	E7028
2.5		80-125	70-100	100-145		
3.2	80-120	110-160	115-165	140-190	125-185	140-190
4	120-160	150-210	160-220	180-260	180-240	180-250
5		260-340	260-340	275-285	250-350	275-365
5.5		260-340	260-340	275-285	250-350	275-365
6.3		330-415	315-400	335-430	300-420	335-430
8		390-500	375-470			

Keuntungan dan kerugian las busur listrik adalah sebagai berikut :

- Kelebihan las busur listrik
 - a. Pesawat las ringan dan murah
 - b. Prosedur penggunaan pesawat las tidak sulit
 - c. Proses pengelasan dapat dilakukan dalam segala posisi
 - d. Dapat juga digunakan untuk *repair* penambalan konstruksi yang aus
- Kekurangan Las Busur listrik
 - a. Karena panjang elektroda terbatas, maka dalam pengelasan yang panjang akan ada penggantian elektroda. Pada saat penggantian elektroda, di khawatirkan akan terjadi cacat.
 - b. *Flux* pada elektroda adalah salah satu faktor penyebab terjadinya pengetasan. Karena flux sangat rentan terhadap pengaruh luar.

- c. *Slag* yang terbentuk dari hasil pembakaran fluk dapat larut bersamaan dengan logam cair. Keberadaanya akan menjadi pengotor dan menurunkan ketangguhan sambungan.

2. Penyambungan mekanik

penyambungan mekanik merupakan sambungan yang sifatnya dapat dibongkar pasangkan selagi masih dalam kondisi normal, penyambungan mekanik dapat di golongkan menjadi 2, yaitu :

a. Penyambungan semi permanen

Penyambungan semi permanen adalah proses penyambungan dua atau lebih material menjadi satu kesatuan yang jika dilepas kembali akan merusak salah satunya, tetapi tidak merusak logam intinya seperti penyambungan menggunakan paku keling dan lain sebagainya.

- Sambungan Paku Keling (Rivet Joint)

Paku keling adalah batang silinder pendek dengan sebuah kepala di bagian atas, silinder tengah sebagai badan dan bagian bawahnya yang berbentuk kerucut terpancung sebagai ekor, seperti gambar di bawah. Konstruksi kepala (head) dan ekor (tail) dipatenkan agar permanen dalam menahan kedudukan paku keling pada posisinya. Badan (body) dirancang untuk kuat mengikat sambungan dan menahan beban kerja yang diterima benda yang disambung saat berfungsi.

b. Penyambungan tidak permanen

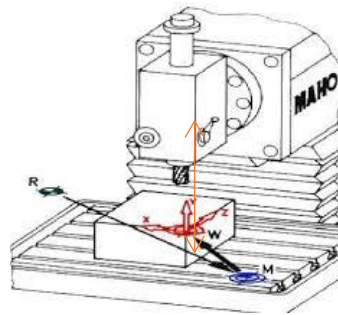
Penyambungan tidak permanen adalah proses penyambungan dua material atau lebih menjadi satu kesatuan yang dapat di pisahkan kembali tanpa merusak material tersebut salah satu contohnya adalah proses penyambungan dengan menggunakan mur dan baut (Irwan, 2018)

2.6 Pemanfaatan Teknologi Pemesinan

- **Mesin CNC 4 axis**

Tujuan dari dirancangnya sistem 4 axis pada mesin CNC adalah supaya mesin mampu menjangkau sisi benda kerja yang tidak bisa

dijangkau oleh sistem 3 axis (X,Y,Z), tujuannya agar proses lebih cepat dan hasil produk lebih sempurna. Contoh dari mesin CNC 4 axis diuraikan dalam gambar 2.22



Gambar 2.11 Mesin CNC 4 axis

(Sumber : Widarto, 2008)

Dari gambar 2.22 pergerakan untuk sistem 4 axis adalah sebagai berikut :

- Sumbu X, arah gerakan meja maju dan mundur
- Sumbu Y, arah gerakan spindle naik dan turun
- Sumbu Z, arah gerakan spindle maju dan mundur
- Sumbu B, gerakan meja memutar sumbu Y.

Perhitungan waktu efektif pemesinan CNC diantaranya sebagai berikut :

Keterangan :

Untuk mencari waktu secara teori ini menggunakan perhitungan dengan formula :

$$T_{ef} = \frac{L \cdot SL}{V_f} \dots \dots \dots (2.26)$$

T_{ef} = waktu efektivitas (menit)

L = panjang benda kerja yang dilakukan pemakanan (mm)

SL = Banyaknya pemakanan

V_f = kecepatan pemakanan ($\frac{mm}{menit}$)

Rumus-rumus tersebut di atas digunakan untuk perencanaan proses CNC. Proses CNC bisa dilakukan dengan banyak cara menurut jenis pahat

yang digunakan dan bentuk benda kerjanya. Selain itu jenis mesin CNC yang bervariasi menyebabkan analisa proses CNC menjadi rumit. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan bukan hanya kecepatan potong dan gerak makan saja, tetapi juga cara pencekaman, gaya potong, kehalusan produk, getaran mesin dan getaran benda kerja. Dengan demikian hasil analisa/perencanaan merupakan pendekatan bukan merupakan hasil yang optimal. (Dr.Dwi Rahdiyanta 2010).

2.7 Injection Molding

Injection Molding adalah suatu proses pengolahan material polimer yang dipanaskan sampai tingkat keadaan leleh lalu material tersebut dialirkan dengan memanfaatkan gaya gravitasi atau gaya lain dengan tekanan tinggi ke dalam rongga cetakan, sehingga didapatkan hasil yang sesuai dengan cetakan(*mold*). Gambar mesin *injection molding* dapat ditunjukkan pada gambar 2.29.



Gambar 2.12 *Injection Molding*

Sumber : <https://fjb.kaskus.co.id/product/57a1a27f5c7798f66b8b456f/mesin-injeksi-injection-plastik-molding-nissei-made-in-japan-berkualitas>

Proses *injection molding* merupakan suatu proses pembentukan benda kerja dari material termoplastik berbentuk butiran (lihat gambar 2.30) yang ditempatkan kedalam corong (*hopper*) dan masuk kedalam silinder *barrel* injeksi yang kemudian di dorong oleh mekanisme *screw* melalui *nozzle* mesin dan *sprue bushing* masuk kedalam rongga (*cavity*) cetakan yang sudah pada kondisi tertutup. Setelah beberapa saat didinginkan, *mold* akan dibuka dan produk akan dikeluarkan dengan mekanisme *screw*



Gambar 2.13 Butiran Termoplastik

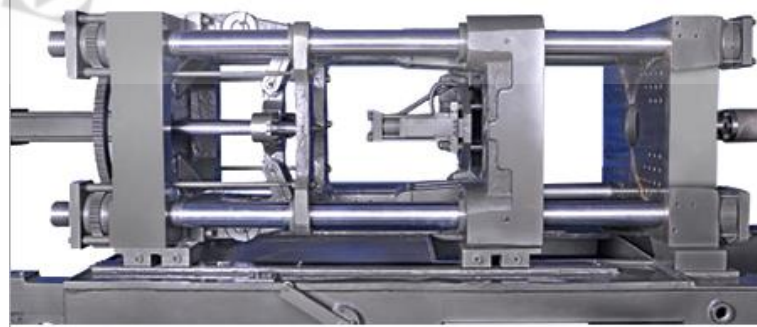
Sumber : <https://trisqie.wordpress.com/biji-plastik/>

➤ **Mesin *Injection Molding***

Sistem pada produk, pasti memiliki sub sistem yang saling mendukung satu sama lain. Pada umumnya, mesin *injection molding* memiliki 4 kesatuan fungsi, yaitu *mold clamp unit*, *injection unit*, *molding unit*, dan *control system*.

- ***Mold Clamp Unit***

Clamping unit berfungsi untuk memegang dan mengatur Gerakan dari *mold unit*, serta Gerakan *ejector* saat melepas benda dari *molding unit*, pada *clamping unit* kita bias mengatur berapa panjang Gerakan *molding* saat dibuka dan berapa panjang *ejector* harus bergerak. Gambar *clamping unit* dapat ditunjukkan pada gambar 2.31.



Gambar 2.14 *Mold Clamping Unit*

Sumber : <https://www.indiamart.com/proddetail/injection-molding-clamping-unit-12892436355.html>

Ada 3 macam *clamping unit* yang dipakai pada umumnya, yaitu:

1. *Mechanism Toggle Clam*, yaitu mekanisme Gerakan mesin membuka dan menutup *mold* dengan menggunakan mekanisme gerakan *toggle*.

2. *Mechanism Hydraulic Clamp*, yaitu mekanisme Gerakan mesin dengan menggunakan mekanisme *electric motor* dan pompa *hydraulic* sebagai mekanisme penggerak utamanya.
3. *Mechanism Servo Motor*, Mekanisme Gerakan utama mesin menggunakan sistem *electric/servo* motor yang memiliki *variable speed* yang diatur dengan pompa *logic*, pada mekanisme ini terjadi perubahan dari gaya radial akibat putaran.

- ***Injection Unit***

Injection unit adalah tempat pengolahan polimer plastik berlangsung, dimulai dengan masuknya polimer dalam bentuk *pellet*, kemudian dipanaskan didalam tungku (*barrel*) dengan suhu leleh plastik lalu diaduk oleh *screw* di dalam tungku. Dengan bentuk sedemikian rupa, *screw* berfungsi sebagai *feeder* dan sebagai *mixer* secara bersamaan, sehingga warna plastik menjadi rata dan seimbang. Gambar *injection unit* dapat ditunjukkan pada gambar 2.32.



Gambar 2.15 *Injection Unit*

Sumber : <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/injection-unit>

Lalu dari unit ini diinjeksikan kedalam cetakan (*mold*) dengan *setting* yang melibatkan tekanan hidrolik (*hydraulic pressure*), kecepatan (*velocity*), dan posisi (*limit switch*), waktu (*time*) dan suhu (*Temperature*).

Pada umumnya, terdapat 6 bagian dalam *injection unit*, diantaranya:

1. *Motor and Transmission Gear Unit*

Bagian ini berfungsi untuk menghasilkan daya yang digunakan untuk memutar *screw* pada *barrel*, sedangkan transmisi unit berfungsi untuk memindahkan daya dari putaran motor ke dalam *screw*, selain itu *transmission unit* juga berfungsi untuk mengatur tenaga yang disalurkan sehingga tidak terjadi pembebanan yang terlalu besar.

2. *Cylinder Screw Ram*

Bagian ini berfungsi untuk mempermudah gerakan *screw* dengan menggunakan momen inersia sekaligus menjaga putaran *screw* tetap konstan, sehingga dapat dihasilkan kecepatan dan tekanan saat proses injeksi plastik dilakukan.

3. *Hopper*

Bagian ini berfungsi untuk menempatkan material plastik, sebelum masuk ke barrel, biasanya untuk menjaga kelembaban material plastik, digunakan tempat khusus yang dapat mengatur kelembaban, sebab apabila kandungan air terlalu besar pada udara, dapat menghasilkan injeksi yang tidak bagus.

4. *Screw*

Bagian ini berfungsi untuk mengalirkan plastic *hopper* ke *nozzle*, ketika *screw* berputar material dari *hopper* akan tertarik mengisi *screw* yang selanjutnya dipanaskan lalu didorong ke arah *nozzle*.

5. Sistem Penggerak

Pada sistem penggerak biasanya menggunakan *straight hidraulic* ataupun *motor servo*. Alat ini berfungsi untuk mengatur daya pada sistem *injection molding*.

- ***Molding Unit***

Molding unit adalah bagian dari *injection molding* yang berfungsi untuk membentuk benda yang dibuat, secara garis besar *molding unit*

terbagi menjadi 2 bagian utama yaitu *cavity* dan *core*. *Cavity* adalah bagian cetakan yang berhubungan langsung dengan *nozzle* pada mesin, sedangkan *core* adalah bagian yang berhubungan langsung dengan *ejector*. Pada gambar 2.33 menunjukkan *molding unit* pada *injection molding*.



Gambar 2.16 *Molding Unit*

Sumber : dwidayaplastik.com

- **Sistem Kontrol**

Sistem control adalah sistem yang menjamin bahwa urutan kerja mesin harus sesuai dengan program yang sudah dibuat, sehingga setiap gerakan, setiap perubahan, sinyal sensor bisa saling terhubung satu sama lain sehingga kinerja mesin tetap terjaga. Sistem kontrol dapat ditunjukkan pada gambar 2.34.



Gambar 2.17 Sistem Kontrol

Sumber : <https://id.aliexpress.com/item/1254190156.html>

2.5 Cetakan (*Molding*)

Pada proses pengecoran, cetakan berfungsi untuk membentuk benda yang diawali dengan mencairkan produk logam ataupun plastik yang nantinya akan

dialirkan kedalam rongga cetakan yang sudah di bentuk terlebih dahulu. Sesuai dengan kebutuhan, cetakan terbagi menjadi dua yaitu cetakan pasir dan cetakan logam.

➤ **Cetakan Logam**

Dalam proses pengecoran yang sering digunakan adalah cetakan pasir, namun untuk beberapa proses pengecoran juga menggunakan cetakan logam seperti pada gambar 2.36. Cetakan logam merupakan cetakan tetap, digunakan untuk pengecoran logam yang memiliki temperatur cair yang harus lebih rendah dari temperatur cair cetakan. Biasanya cetakan logam digunakan untuk produksi masal dan ukuran produk lebih kecil dari pada produk yang dibuat dari cetakan pasir. Pada cetakan logam tidak diperlukan pola, tapi untuk desain produk yang memiliki rongga, diperlukan juga inti. Biasanya inti masih terbuat dari pasir.



Gambar 2.18 Cetakan Logam

Sumber : Indonesia.alibaba.com