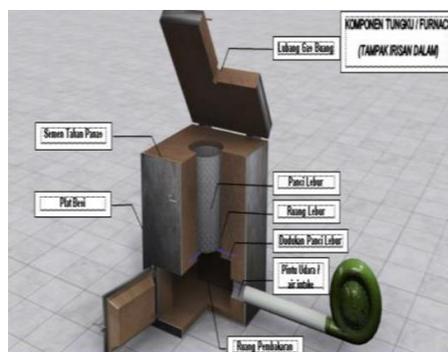


## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1. Tinjauan Pustaka

Rahangmetan dkk (2019), melakukan penelitian dengan judul “Analisis Bahan Isolator Dinding Tungku *Crucible* Peleburan Aluminium Kapasitas 6 Kg”. Tungku dibuat dengan bahan bata merah dan dilapisi plat setinggi 450 mm panjang 400 mm, lebar 400 mm tebal 100 mm. Pembakaran menggunakan bahan bakar kayu bus serta penempatan *blower* dibagian belakang panjang 1500 mm berdiameter 2,50 mm tutup tungku menggunakan bata merah yang dilapisi oleh plat besi yang berukuran tinggi 450mm lebar 400 mm panjang 400 mm dan tebal 100 mm.



Gambar 2.1. Desain Tungku Krusibel Peleburan Aluminium Kapasitas 6 Kg  
(Rahangmetan, 2019)

Menurut Rahangmetan dkk (2019), Ruang bakar yang terdapat pada tungku peleburan aluminium dengan bahan bakar kayu bus sangat bagus karena pembuatan dinding tungku krusibel ini terbuat dari tiga lapisan bahan isolator yaitu batu bata merah, semen bangunan dan semen api, sehingga dapat menahan panas sehingga proses peleburan aluminium yang terdapat dalam tungku krusibel mempunyai temperatur lebur yang baik dan kalor yang digunakan dalam proses peleburan bersumber dari bahan bakar kayu bus.

Soemowidagdo dkk (2019), melakukan penelitian dengan judul “*Prototype* Tungku Krusibel Kompak Mini”. Tungku dibuat dari sebuah drum bekas berdiameter 325 mm. Drum dipotong setinggi 400 mm dan pada bagian bawahnya

dibuat lubang sesuai desain. Dinding drum diberi penguat baja strip yang di rol. Selain sebagai penguat, ini berfungsi untuk menempatkan pegangan tungku. Pada bagian bawah drum terbuat dari plat tipis 0,7 mm juga ditambahkan pengut dari besi strip. Isolator panas tungku menggunakan selimut keramik D.96 tebal 20 mm dan semen *castable* TNC-17. Dimensi keseluruhan tungku krusibel kompak mini adalah (330x330x750) mm. Bobot total tungku kusibel kompak mini adalah 46 kg dan bobot tungkunya saja adalah 29 kg.



Gambar 2.2. *Prototipe* Tungku Krusibel Kompak Mini (Soemowidagdo, 2017)

Soemowidagdo dkk (2017), melakukan penelitian dengan judul “Tungku Krusibel dengan *Economizer* untuk Praktik Pengecoran di Jurusan Pendidikan Teknik Mesin FT UNY”. Tungku pelebur aluminium dibuat dari drum bekas berdiameter  $\text{\O}600$  mm dan dipotong sehingga tingginya menjadi 500 mm. Isolator tungku adalah kombinasi selimut keramik dan *castable* berpenguat baja  $\text{\O}6$  mm. Dinding bagian dalam tungku terdiri atas tiga buah dinding *castable*. Hasil pengembangan tungku pelebur aluminium yang telah dilakukan adalah saluran buang pada tungku berdiameter sama dengan saluran masuk. Saluran dibuat memanjang dan berbelok berfungsi sebagai *economizer* yang mampu meningkatkan suhu dalam tungku dan meningkatkan efisiensi proses peleburan, aluminium 11,78 kg dicairkan oleh tungku dengan *economizer* dalam 60 menit dan membutuhkan 2,6 kg gas LPG, sedang tungku tanpa *economizer* membutuhkan 3,1 kg gas LPG dalam 80 menit.

Menurut Soemowidagdo dkk (2017), Optimasi pengoperasian tungku ini masih perlu ditelaah melalui sebuah studi tersendiri untuk mengembangkan Prosedur Operasional Standar tungku. Optimasi proses pengoperasian tungku

berkaitan dengan pengaturan aliran gas LPG untuk memperoleh pembakaran gas *burner* yang efisien. Optimasi ini meliputi pengaturan regulator tabung gas yang dikontrol melalui pengukur tekanan dalam satuan Bar, pengaturan regulator gas setelah penyaring yang dikontrol melalui pengukur tekanan dalam satuan mBar, pengaturan keran gas *burner* dan pengaturan bukaan asupan udara atau oksigen pada gas *burner*.



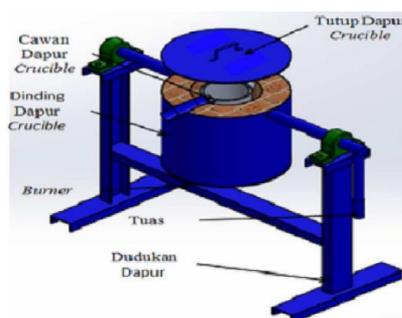
Gambar 2.3. Tungku Krusibel dengan *Economizer* (Noor, 2018)

Noor dan Irfa'I (2018), melakukan penelitian dengan judul "Rancang Bangun Tungku Pengecoran Logam Non *Ferro* (Aluminium (Al) dan Timah) dengan Kapasitas 30 Kg Dilengkapi Digital Temperatur Kontrol". Rangka tungku berukuran dimensi atas luar 32 cm, dalam 29 cm, bawah luar 23 cm, dalam 20 cm dan tinggi 26 cm. Dilapisi batu-bata, pasir, semen tahan api dan tanah liat tebal 11 cm. Dan menggunakan tong bekas dengan dimensi lebar 58 cm, tinggi 40 cm, yang dilengkapi penyangga tungku dibawahnya dan penyangga disamping tungku untuk mengangkat beban tungku yang akan digeser atau dipindahkan. Rangka gas dilengkapi roda penggerak untuk memudahkan menggeser gas, rangka terbuat dari besi siku dengan dimensi  $p \times l \times t = 30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \times 60 \text{ cm}$  dengan desain yang fleksibel dan mempunyai kekokohan yang kuat. *Display* termokopel tipe K dengan panjang kabel 5 m dan merk Krisbow kw06-283 dengan temperatur mencapai  $1200^{\circ}\text{C}$ . Untuk mengetahui hasil uji coba yang dilakukan pada logam aluminium dan timah, tungku pengecoran logam non *ferro* (aluminium (Al) dan timah) dengan kapasitas 30 kg dilengkapi digital temperatur kontrol (termokopel) dapat menghasilkan pengecoran dengan temperatur logam aluminium  $680^{\circ}\text{C}$  dan logam timah dengan temperatur  $250^{\circ}\text{C}$  dan juga alat ini juga dilengkapi digital temperatur

kontrol (termokopel), sehingga dari alat ini bisa meminimalisir sekaligus mengetahui cacat porositas dengan temperatur yang diketahui.

Menurut Noor dan Irfa'I (2018), Perancangan alat tungku pengecoran logam masih jauh dari sempurna. Diperlukan pengkajian lebih dalam perancangannya sehingga mempunyai spesifikasi yang lebih baik dari segi kualitas bahan, sistem kerja mesin dan ekonomis. Beberapa saran yang dapat membangun mesin lebih sempurna yaitu pemilihan bahan dan rangka gas diperlukan kajian ulang sehingga lebih kuat dan lebih ekonomis. Selanjutnya perlu membuat rangka untuk memindah-mindahkan tungku guna meringankan beban tungku. Atur kecepatan waktu berapa yang dibutuhkan dalam proses pembakaran logam aluminium dan timah agar tidak terjadi keterlambatan pada saat menuangkan cairan kedalam cetakan. Perlu dilakukan pengujian berulang untuk mendapatkan temperatur yang akan dicapai, sehingga bisa menghasilkan coran yang lebih maksimal.

Kurniawan (2018), melakukan penelitian dengan judul “Rancang Bangun Dapur *Crucible* Tipe Penuangan Tungku Kapasitas 15 Kg dengan Bahan Bakar Gas LPG”. Dapur krusibel memiliki diameter luar 457 mm, tebal dinding luar 3 mm dan tinggi dapur 410 mm. Cawan lebur memiliki dimensi diameter 178 mm dengan ketebalan 8 mm dan tinggi cawan 230 mm. Pada perencanaan cawan lebur yang dipakai adalah pipa silinder yang terbuat dari baja karbon rendah dengan ukuran diameter 178 mm, tebal 8 mm dan tinggi 230 mm. Pada bagian atas pipa baja tersebut dibuat berlubang sedangkan bagian bawah dibuat alas atau tertutup. Isolator pada dapur ini menggunakan batu tahan api.



Gambar 2.4. Dapur *Crucible* Tipe Penuangan Tungku Kapasitas 15 Kg  
(Kurniawan, 2018)

## 2.2. Landasan Teori

Landasan teori merupakan penjabaran dari tinjauan pustaka sebagai acuan untuk memecahkan masalah dan untuk merumuskan hipotesis. Landasan teori dapat berbentuk uraian kualitatif, model matematis, atau persamaan-persamaan yang berkaitan dengan bidang ilmu yang diteliti.

### 2.2.1. Aluminium

Aluminium merupakan logam ringan mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik dan sifat-sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam. Sebagai tambahan terhadap, kekuatan mekaniknya yang sangat meningkat dengan penambahan Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni, dsb, secara satu persatu atau bersama-sama, memberikan juga sifat-sifat baik lainnya seperti ketahanan korosi, ketahanan aus, koefisien pemuaian rendah dsb. Material ini dipergunakan di dalam bidang yang luas bukan saja untuk peralatan rumah tangga tapi juga dipakai untuk keperluan material pesawat terbang, mobil, kapal laut, konstruksi dsb (Surdia dan Saitou, 2013).

Tabel 2.1. menunjukkan sifat-sifat fisik Al. Ketahanan korosi berubah menurut kemurnian, pada umumnya untuk kemurnian 99,0% atau di atasnya dapat dipergunakan di udara tahan dalam waktu bertahun-tahun. Hantaran listrik Al, kira-kira 65% dari hantaran listrik tembaga, tetapi masa jenisnya kira-kira sepertiganya sehingga memungkinkan untuk memperluas penampangannya. Oleh karena itu dapat dipergunakan untuk kabel tenaga dan dalam berbagai bentuk umpamanya sebagai lembaran tipis (*foil*). Dalam hal ini dapat dipergunakan Al dengan kemurnian 99,0%. Untuk reflektor yang memerlukan reflektifitas yang tinggi juga untuk kondensor elektrolitik dipergunakan Al dengan angka sembilan empat (Surdia dan Saitou, 2013).

Tabel 2.1. Sifat Fisis Aluminium (Surdia dan Saitou, 2013)

Sifat-sifat	Kemurnian Al (%)	
	99,996	>99,0
Masa jenis (20°C)	2,6989	2,71
Titik cair	660,2	653-657
Panas jenis (cal/g. °C) (100°C)	0,2226	0,2297
Hantaran listrik (%)	64,94	59 (dianil)
Tahanan listrik koefisien temperatur (/°C)	0,00429	0,0115
Koefesien pemuaian (20-100°C)	23,86 x 10 <sup>-6</sup>	23,5 x 10 <sup>-6</sup>
Jenis kristal, konstanta kisi	<i>fcc</i> , a=4,013kX	<i>fcc</i> , a=4,04kX

### 2.2.2. Tungku krusibel

Proses krusibel menawarkan fleksibilitas bagi banyak industri dan berbagai pilihan yang berkaitan dengan logam, ukuran lelehan, bahan bakar, peleburan, dan teknik pengolahan. Aluminium, kuningan, perunggu, tembaga, besi ulet atau kelabu, baja, magnesium, monel, nikel, paduan tahan api, baja, dan logam serta paduan lainnya diproduksi menggunakan proses peleburan krusibel. Kapasitas wadah dapat bervariasi dari hanya beberapa ons untuk peleburan laboratorium hingga 1,4 Ton (3000 lb) untuk peleburan paduan aluminium. Pilihan bahan bakar yang dapat digunakan yaitu batubara, kokas, listrik, gas (alam, propana, produser, dan sebagainya), dan bahan bakar minyak. Pelapis wadah sering digunakan untuk tungku induksi listrik frekuensi rendah atau tinggi. Peleburan krusibel adalah proses yang sederhana dan fleksibel. Tungku krusibel umumnya dapat dimulai atau dimatikan pada saat itu juga. Biasanya, tidak ada biaya siaga untuk biaya tenaga kerja antara penggunaan peralatan ini (Stefanescu, 1998).

### 2.2.3. Pengecoran

Menurut Surdjana (2008), proses penuangan (pengecoran) ialah pengisian rongga cetakan dengan bahan tuangan yang telah dileburkan (dicairkan), berbagai cara penuangan dapat dilakukan sesuai dengan sistem pengecoran yang digunakan,

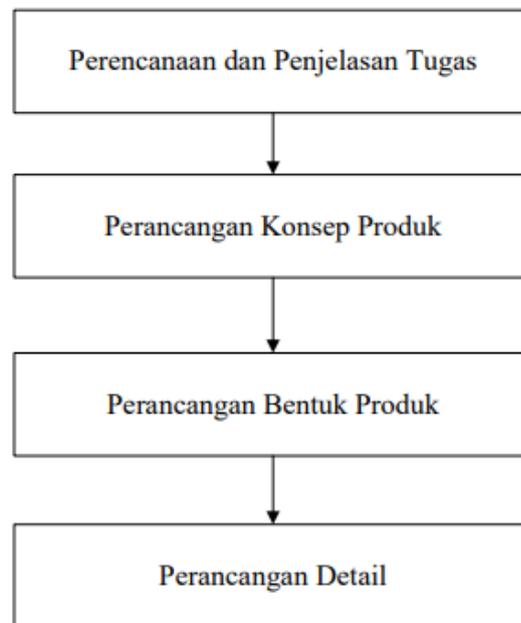
seperti penuangan pada cetakan pasir dilakukan dengan system penuangan menggunakan panci tuang (*ladle*), dimana cetakan dibuat pada rangka cetak. Untuk pengecoran dengan cetakan logam dimana bentuk luar dari cetakan itu sendiri telah didesain sesuai dengan perencanaan dalam proses pengecorannya.

Pengecoran adalah proses fabrikasi logam, di mana logam dicairkan dan kemudian dituangkan ke dalam cetakan yang memiliki bentuk sesuai desain. Pengecoran umumnya dilakukan untuk membuat komponen-komponen yang besar dan memiliki bentuk yang rumit, serta pada material yang memiliki keuletan yang sangat rendah seperti besi tuang. Secara umum, proses pengecoran relatif lebih ekonomis jika dibandingkan dengan proses pembentukan (Sofyan, 2021).

#### **2.2.4. Perancangan**

Menghasilkan suatu produk yang sesuai dengan kebutuhan manusia adalah hal yang ingin yang dicapai dari proses perancangan. Salah satu caranya adalah dengan merancang, dengan berorientasi terhadap keinginan dan kebutuhan pelanggan. Keinginan setiap manusia tersebut dalam perancangan produk melalui penggambaran secara komputer dan analisis teknik, yang dapat diproses secara teratur, penentuan waktu untuk mengkonsumsinya dan termasuk dalam memasarkannya. Perancangan produk berarti sudah termasuk di dalamnya setiap aspek teknik dari produk, mulai dari pertukaran atau penggantian komponen dalam pembuatan, perakitan, penyelesaian sampai pada kekurangannya. Sebuah produk seharusnya dikerjakan lebih dari operasi biasa untuk meningkatkan *market placenya*, yaitu mempertimbangkan seluruh harga-harga, seluruh kelengkapan dan target segmen pasar (Ginting, 2013).

Terdapat beberapa model perancangan produk. Salah satunya adalah model perancangan menurut Pahl dan Beitz. Metode perancangan yang digunakan dalam tugas akhir ini mengacu pada tahapan perancangan menurut Pahl and Beitz. Model perancangan menurut Pahl and Beitz ditunjukkan pada gambar 2.5. dibawah ini yaitu:



Gambar 2.5. Model Perancangan Menurut Pahl dan Beitz (Ginting, 2013)

Urutan tahapan proses perancangan model Pahl dan Beitz adalah sebagai berikut:

a. Perencanaan dan Penjelasan Tugas

Mencari dan memilih ide produk serta memformulasikan ide produk.

b. Perancangan Konsep Produk

Menentukan struktur fungsi produk, mencari prinsip – prinsip kerja produk dan membentuk beberapa alternatif (varian)

c. Perancangan Bentuk Produk

Merancang struktur bentuk produk mulai dari bentuk awal, pemilihan material, dan susunan produk

d. Perancangan Detail

Mengembangkan bentuk awal produk dan daftar detail, serta pembuatan dan susunan produk

### 2.2.5. Massa jenis

Massa jenis merupakan nilai yang menunjukkan besarnya perbandingan antara massa benda dengan volume benda tersebut, massa jenis suatu benda bersifat tetap artinya jika ukuran benda diubah massa jenis benda tidak berubah,

misalnya ukurannya diperbesar sehingga baik massa benda maupun volume benda makin besar. Walaupun kedua besaran yang menunjukkan ukuran benda tersebut makin besar tetapi massa jenisnya tetap, hal ini disebabkan oleh kenaikan massa benda atau sebaliknya kenaikan volume benda diikuti secara linier dengan kenaikan volume benda atau massa benda (Putri, 2019).

Massa Jenis adalah perbandingan antara massa benda dengan volume benda. Secara matematis dapat dirumuskan :

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (2.1)$$

dimana :

$\rho$  = massa jenis zat ( $\text{g/cm}^3$ )

m = massa zat (g)

V = Volume zat ( $\text{cm}^3$ )

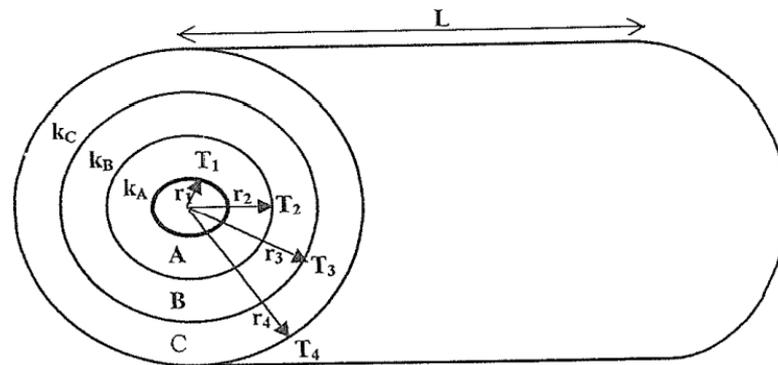
### 2.2.6. Perpindahan kalor

Perpindahan kalor adalah ilmu yang mempelajari tentang laju perpindahan kalor diantara material/benda karena adanya perbedaan suhu (panas dan dingin). Perpindahan kalor terjadi karena adanya perbedaan suhu. Panas akan mengalir dari tempat yang suhunya tinggi ke tempat yang suhunya lebih rendah.

Terdapat tiga jenis mekanisme perpindahan kalor yaitu perpindahan kalor konduksi, konveksi, dan radiasi. Perpindahan kalor konduksi adalah proses perpindahan kalor jika panas mengalir dari tempat yang suhunya tinggi ke tempat yang suhunya lebih rendah, tetapi media untuk perpindahan kalor tetap, contohnya adalah batang besi yang dipanaskan ujungnya maka ujung yang satunya lama kelamaan akan terasa panas. Perpindahan kalor konveksi adalah proses perpindahan kalor dimana cairan atau gas yang suhunya tinggi mengalir ke tempat yang suhunya lebih rendah, memberikan panas pada permukaan yang suhunya lebih rendah, contohnya adalah plat panas dihembus udara dengan kipas/ *blower*. Perpindahan kalor radiasi adalah perpindahan kalor yang terjadi karena pancaran/ sinaran/ radiasi gelombang elektromagnetik. Perpindahan kalor radiasi berlangsung elektromagnetik dengan panjang gelombang pada interval tertentu. Jadi

perpindahan kalor radiasi tidak memerlukan media, sehingga perpindahan kalor dapat berlangsung dalam ruangan hampa udara. Contohnya adalah panas matahari yang sampai ke bumi

Perpindahan kalor pada tungku dapat dicari menggunakan rumus perpindahan kalor konduksi pada dinding lapis rangkap berbentuk silinder. Sebuah silinder yang suhu permukaannya relatif tinggi dapat diisolasi dengan beberapa macam bahan yang disusun seri. Pada gambar 2.6. terlihat sebuah silinder yang diisolasi dengan tiga lapis bahan isolasi yang berbeda. Perpindahan kalor konduksi hanya berlangsung ke arah radial saja



Gambar 2.6. Perpindahan Kalor Melalui Dinding Lapis Rangkap Berbentuk Silinder (Buchori, 2004)

Sehingga persamaan perpindahan kalor konduksi untuk silinder rangkap adalah:

$$q = \frac{2\pi L(T_1 - T_4)}{\frac{\ln(r_2/r_1)}{K_A} + \frac{\ln(r_3/r_2)}{K_B} + \frac{\ln(r_4/r_3)}{K_C}} \quad (2.2)$$

Dimana:

$q$ = laju perpindahan kalor (W)

$T$ = suhu dinding ( $^{\circ}\text{C}$ )

$L$ = tinggi dinding (m)

$r$ = jari-jari dinding (m)

$K$ = konduktivitas termal ( $\text{W/m}\cdot^{\circ}\text{C}$ )

Pada keadaan *steady state*, maka panas yang mengalir pada tiap bahan sama dengan perpindahan kalor melalui tiga lapisan bahan.

$$q_{input} = q_{output} \quad (2.3)$$

Sehingga harga  $q$  untuk masing-masing bidang maupun untuk seluruh bidang sama,

$$q = q_A = q_B = q_C \quad (2.4)$$

Dengan harga laju perpindahan kalor masing-masing adalah:

$$q = \frac{T_1 - T_2}{\frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi K_A L}} = \frac{T_2 - T_3}{\frac{\ln(r_3/r_2)}{2\pi K_B L}} = \frac{T_3 - T_4}{\frac{\ln(r_4/r_3)}{2\pi K_C L}} \quad (2.5)$$

Dimana:

$q$ = laju perpindahan kalor (W)

$T$ = suhu dinding ( $^{\circ}\text{C}$ )

$L$ = tinggi dinding (m)

$r$ = jari-jari dinding (m)

$K$ = konduktivitas termal (W/m. $^{\circ}\text{C}$ )

### 2.2.7. Proses las

Sampai pada waktu ini banyak sekali klasifikasi yang digunakan dalam bidang las, ini disebabkan karena belum adanya kesepakatan dalam hal tersebut. Secara konvensional klasifikasi tersebut pada waktu ini dapat dibagi dalam dua golongan, yaitu klasifikasi berdasarkan cara kerja dan klasifikasi berdasarkan energi yang digunakan. Klasifikasi pertama membagi las dalam kelompok las cair, las tekan, las patri dan lain-lainnya. Sedangkan klasifikasi yang kedua membedakan adanya kelompok-kelompok seperti las listrik, las kimia, las mekanik dan seterusnya. Bila diadakan klasifikasi yang lebih terperinci lagi, maka kedua klasifikasi tersebut di atas akan terbaaur dan akan terbentuk kelompok-kelompok yang banyak sekali (Wiryosumarto, 2000).

### 2.2.8. Proses gurdi

Pahat gurdi mempunyai dua mata potong dan melakukan gerak potong karena diputar poros utama mesin gurdi. Putaran tersebut dapat dipilih dari beberapa tingkatan putaran yang tersedia pada mesin gurdi, atau ditetapkan sekehendak bila sistem transmisi putaran mesin gurdi merupakan sistem berkesinambungan (*stepless spindle drive*). Gerak makan dapat dipilih bila mesin

gurdi mempunyai sistem gerak makan dengan tenaga motor (*power feeding*). Untuk jenis mesin gurdi yang kecil (mesin gurdi bangku; *bench drilling*) gerak makan tersebut tidak dapat dipastikan karena tergantung pada kekuatan tangan untuk menekan lengan poros utama (Rochim, 2007).

Dibawah ini dapat diturunkan rumus untuk beberapa elemen pada proses gurdi yaitu:

Kecepatan potong :

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad (2.6)$$

dimana:

$v$  = kecepatan potong (m/menit)

$d$  = diameter (mm)

$n$  = putaran *spindle* (putaran)

Gerak makan (*Feed*)

$$f = 0,084 \sqrt[3]{d} \quad (2.7)$$

dimana:

$f$  = gerak makan (mm/putaran)

$d$  = diameter (mm)

Kecepatan makan per mata potong

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n \quad (2.8)$$

dimana:

$v_f$  = kecepatan makan per mata potong (mm/menit)

$f_z$  = gerak makan per mata potong (mm/putaran)

$n$  = putaran spindel (putaran)

$z$  = jumlah mata potong (tanpa satuan)

Panjang total

$$L_t = l_v + l_w + l_n \quad (2.9)$$

dimana

$L_t$  = Panjang total (mm)

$l_v$  = Jarak mata bor dengan benda kerja sebelum penggurdian (mm)

$l_w$  = Tebal benda kerja (mm)

$ln$  = Jarak mata bor dengan benda kerja setelah penggurdian (mm)

Waktu pemotongan

$$t_c = \frac{lt}{2fn} \quad (2.10)$$

keterangan:

$t_c$  = waktu pemotongan (menit)

$lt$  = panjang penggurdian (mm)

$f$  = gerak makan (mm/putaran)

$n$  = putaran spindle (putaran)