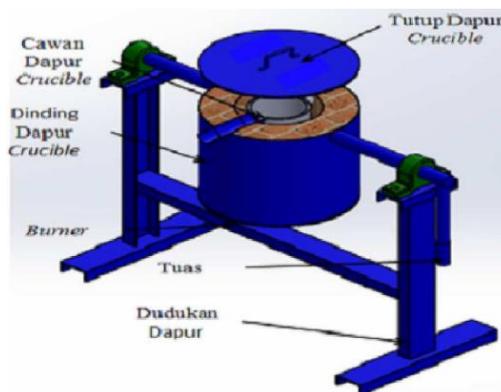


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

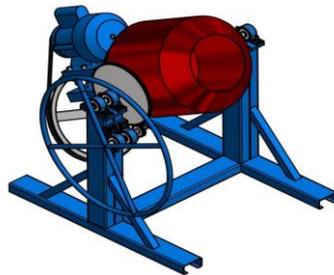
Kurniawan dkk (2018), melakukan penelitian dengan judul “Rancang Bangun Dapur Crucible Tipe Penuangan Tungki Kapasitas 15 kg dengan Bahan Bakar Gas LPG”. Dapur krusibel memiliki diameter luar 457 mm, tebal dinding luar 3 mm dan tinggi dapur 410 mm. Cawan lebur memiliki dimensi diameter 178 mm dengan 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. Penelitian ini menggunakan poros dan bantalan sebagai elemen mesin penuangan tukik dan tuas untuk memutar poros sehingga hasil peleburan dapat dituang dengan tipe tungki. Adapun gambar dapur krusibel dengan tipe penuangan tungki dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1 Dapur krusibel tipe penuangan tungki (Kurniawan, 2018)

Anam, M. K. (2020), melakukan penelitian dengan judul “Rancang Bangun Mesin Mixer Untuk Pengaduk Bahan Crucible Berbahan Limbah *Evaporation Boats*”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang mesin *mixer* yang ergonomis dan mudah disesuaikan dengan ruang kerja serta tabung mixer dapat dimiringkan 180° ke depan untuk memudahkan penuangan hasil adukan bahan

crucible. Pada penelitian ini merancang poros dan *bearing* yang akan digunakan pada rangka. Adapun rangka dibuat dengan dimensi panjang 850 mm, lebar 725 mm, dan tinggi 750 mm. Hasil perancangan mesin *mixer* dapat ditunjukkan pada Gambar 2.2 dibawah ini.



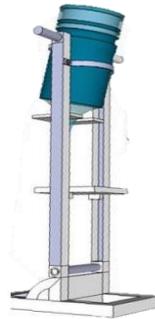
Gambar 2.2 Mesin *mixer* (Anam, 2020)

Orlando dkk (2020), melakukan penelitian dengan judul “Rancang Bangun Alat Pemindah Drum Dengan Sistem Sudut Putar Sebagai Penuang”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempermudah dalam hal memindahkan drum oli sebanyak 200 L dan mengeluarkan oli yang ada di dalam drum. Adapun ukuran drum yang digunakan pada penelitian ini yaitu \varnothing 580 mm dan tinggi 900 mm. Pada penelitian ini akan dirancang alat dengan sistem kerja seperti pesawat angkat yang fungsinya agar mempermudah dalam hal memindahkan drum dan menuangkan isi oli dalam drum tersebut. Alat hasil rancangan diharapkan dapat mengurangi resiko kerja pada saat pemindahan drum dan memudahkan dalam mengeluarkan oli yang ada di drum. Dimensi dari alat pemindah drum dengan sistem sudut putar sebagai penuang antara lain panjang 800 mm, lebar 900 mm, dan tinggi 1500 mm. Hasil perancangan alat pemindah drum dengan sistem sudut putar sebagai penuang dapat ditunjukkan pada Gambar 2.3 berikut.



Gambar 2.3 Alat pemindah drum dengan sistem sudut putar (Orlando, 2020)

Suparti dkk (2017), melakukan penelitian dengan judul “Perancangan Ulang Alat Penuang Air Galon Guna Meminimalisasi Beban Pengangkatan Dengan Metode *Quality Function Deployment*”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang alat penuang air galon guna meminimalisasi beban pengangkatan. Pada penelitian ini akan dirancang alat penuang air mineral pada galon yang terintegrasi dengan perangkat pengangkat galon. Alat hasil rancangan diharapkan lebih praktis pemakaiannya dan tidak menghabiskan tempat dengan metode *quality function deployment*. Dimensi dari alat penuang air galon antara lain tinggi sistem alat maksimum 125,64 cm, panjang 50 cm, lebar 30 cm. Hasil perancangan alat penuang air galon dapat ditunjukkan pada Gambar 2.4 berikut.



Gambar 2.4 Alat penuang air galon (Suparti, 2017)

Kurniawan dkk (2018), melakukan penelitian dengan judul “Karakterisasi Al-Zn7 Hasil Peleburan Dapur *Crucible* Dengan Tipe Penuangan Tungki”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan pengujian sifat fisis dan mekanik Al-Zn7 dari peleburan dapur *crucible* dan melakukan analisa dapur *crucible* dari peleburan Al-Zn7 dengan membandingkan hasil peleburan. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu uji tarik, uji struktur mikro, dan uji kekerasan. Pada pengujian kekerasan digunakan pengujian *Rockwell B*. Pengujian dilakukan menggunakan aluminium sekrap yang dilebur sebanyak dua kali pada masing-masing peleburan dilakukan pengujian.

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 Pengecoran

Menurut Surdjana H. (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 sistem 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.

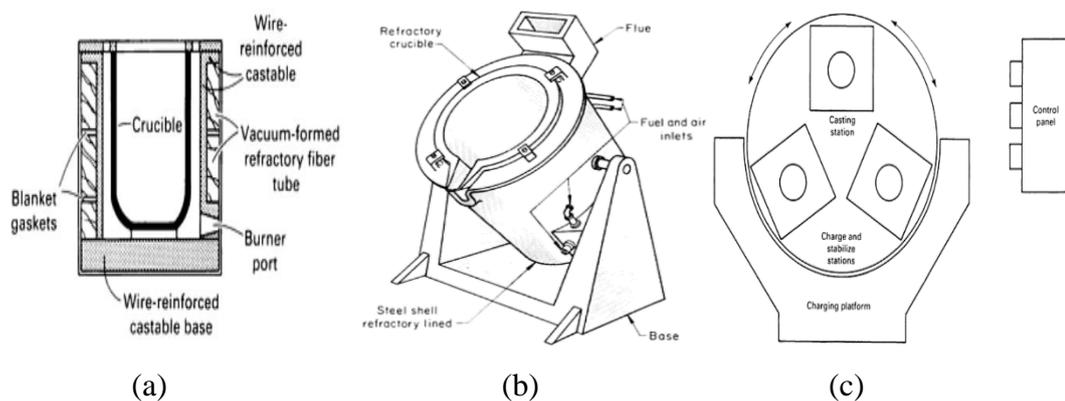
Pengecoran adalah proses fabrikasi logam, dimana logam dicairkan dan kemudian dituangkan ke dalam cetakan yang memiliki bentuk sesuai desain. Pengecoran umumnya dilakukan untuk membuat komponen-komponen yang besar dan memiliki bentuk yang rumit, serta pada material yang memiliki keuletan yang sangat rendah seperti besi tuang. Secara umum, proses pengecoran relatif lebih ekonomis jika dibandingkan dengan proses pembentukan (Sofyan, 2010).

2.2.2 Tungku krusibel

Krusibel adalah wadah di mana logam dilebur. Pengecoran krusibel biasanya terbuat dari grafit dengan tanah liat sebagai pengikat, tahan lama, dan tahan suhu hingga lebih dari 1600°C (2912°F). Krusibel ditempatkan ke dalam tungku, setelah peleburan logam yang sudah cair dikeluarkan dari tungku dan dituangkan ke dalam cetakan. Tungku krusibel adalah salah satu jenis tungku peleburan tertua dan paling sederhana yang digunakan dalam pengecoran. Tungku menggunakan wadah tahan panas, yang berisi muatan logam. Muatan dipanaskan melalui konduksi panas melalui dinding krusibel. Bahan bakar pemanas biasanya kokas, minyak, gas, atau listrik. Peleburan krusibel biasanya digunakan di mana logam paduan dengan titik leleh rendah, seperti perunggu, kuningan, dan paduan seng, dan aluminium. Pengeluaran modal sederhana yang diperlukan untuk tungku ini membuatnya menarik bagi pengecoran kecil non logam (Boljanovic, 2009).

Peleburan dan penanganan logam pengecoran yang menggunakan peralatan krusibel meliputi tungku peleburan, peralatan tuang, dan induksi listrik. Peleburan krusibel juga bisa digunakan sebagai peralatan penyesuaian kualitas antara tungku peleburan dan cetakan untuk mengubah struktur kimia dan suhu lelehan untuk mengontrol faktor-faktor seperti kandungan porositas. Peleburan krusibel merupakan proses yang sederhana dan fleksibel. Tungku krusibel umumnya dapat dimulai atau dimatikan pada saat itu juga. Biasanya, tidak ada biaya tambahan tenaga kerja untuk mengawasi penggunaan peralatan ini (Stefanescu, 1998).

Tungku peleburan krusibel dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis yaitu stasioner, tukik, dan bergerak. Gambar 2.5 menunjukkan klasifikasi tungku peleburan krusibel.



Gambar 2.5 Klasifikasi tungku peleburan krusibel (a) tungku krusibel stasioner (*stationary crucible furnace*). (b) tungku krusibel tukik (*tilting crucible furnace*). (c) tungku krusibel bergerak (*movable crucible furnace and/or pouring ladle*). (Stefanescu, 1998).

Tungku krusibel stasioner menggunakan satu set krusibel di dalam cangkang berlapis tahan api yang memiliki peralatan pemanas terpasang. Biasanya, sendok tuang dicelupkan ke wadah yang berisi logam yang sudah mencair untuk dilanjutkan proses pengecoran. Pada tungku krusibel tukik menggabungkan krusibel yang didukung di tungku sedemikian rupa sehingga keduanya bebas untuk berputar pada sumbu. Ini memungkinkan logam cair untuk dituangkan ke dalam sendok atau cetakan. Sumbu tuang dapat berada di pusat gravitasi atau di bibir tungku. Desain ini menyederhanakan penanganan logam cair di banyak

pengecoran. Pada tungku bergerak, baik tungku peleburan atau sendok didaur ulang antara stasiun penuangan *in-line* dan lelehan dan/atau operasi penyesuaian suhu dan kualitas pascalebur. Tungku ini merupakan metode penuangan baru yang sangat otomatis telah mendorong pemikiran baru di banyak bidang. Metode ini menggunakan dua, tiga, atau empat wadah peleburan yang sudah disusun. Metode ini menghilangkan kebutuhan untuk perpindahan logam cair dalam pengecoran.

2.2.3 Aluminium

Aluminium adalah logam putih yang dihasilkan oleh proses listrik dari oksida (alumina), yang disiapkan dari mineral lempung yang disebut bauksit. Ini adalah logam ringan yang memiliki berat jenis $2,7 \text{ g/cm}^3$ dan titik leleh 658°C . Kekuatan tarik aluminium bervariasi dari 90 MPa hingga 150 MPa.

Dalam keadaan murni, aluminium akan menjadi lemah dan lunak untuk sebagian besar tujuan, tetapi ketika dicampur dengan sejumlah kecil paduan lainnya, aluminium akan menjadi keras dan kaku. Aluminium memiliki konduktivitas listrik yang baik sehingga banyak digunakan untuk kabel *overhead*. Aluminium juga memiliki ketahanan yang tinggi terhadap korosi. Dalam kondisi biasa aluminium tidak beracun yang membuatnya menjadi logam yang berguna untuk peralatan memasak dan foil tipis digunakan untuk membungkus makanan. Aluminium banyak digunakan dalam komponen pesawat dan mobil dimana penghematan berat adalah keuntungan (Khurmi, 2005).

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 penampangnya. 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%. (Surdia dan Saitou, 2013).

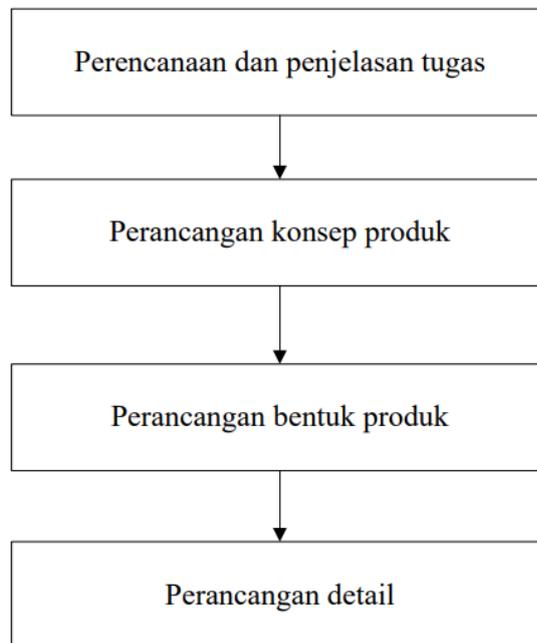
Tabel 2.1 Sifat fisis aluminium (Surdia dan Saitou, 2013)

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
Koefisien pemuaian (20-100°C)	$23,86 \times 10^{-6}$	$23,5 \times 10^{-6}$
Jenis kristal, konstanta kisi	<i>fcc</i> , a=4,013kX	<i>fcc</i> , a=4,04kX

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).

Model perancangan atau metode perancangan merupakan proses untuk membuat sebuah produk dengan besaran dan luaran yang terdefinisi sesuai standar. Terdapat beberapa metode perancangan, salah satunya yaitu metode perancangan menurut Pahl dan Beitz. Metode perancangan yang digunakan pada tugas akhir ini menggunakan pendekatan model perancangan dari Pahl dan Beitz. Metode perancangan ini terdiri dari empat kegiatan atau fase yang terdiri dari beberapa langkah (Ginting, 2013), fase atau langkah dapat dilihat pada Gambar 2.6 berikut.



Gambar 2.6 Metode perancangan menurut Pahl dan Beitz (Ginting, 2013)

Urutan fase perancangan menurut Pahl dan Beitz pada Gambar 2.6 diatas dapat dijabarkan sebagai berikut:

a. Perencanaan dan penjelasan tugas

Fase ini berupa mencari dan memilih ide produk, memformulasikan ide produk.

b. Perancangan konsep produk

Fase ini berupa menentukan struktur fungsi produk, mencari prinsip-prinsip kerja produk, membentuk beberapa alternatif (varian), dan evaluasi terhadap kriteria teknis dan ekonomis mengenai alternatif.

c. Perancangan bentuk produk

Fase ini berupa memberikan menentukan bentuk awal, memilih material dan perhitungannya, dan pengecekan jika terdapat kesalahan.

d. Perancangan detail

Fase ini berupa mempersiapkan dokumen pembuatan, mengembangkan gambar juga daftar detail, menyelesaikan instruksi pembuatan, dan susunan produk.

2.2.5 Rangka

Rangka merupakan sebuah komponen penting dari sebuah mesin atau alat. Rangka ini terbuat dari batang yang ujungnya disambung kaku. Batang ini harus mampu menahan gaya yang bekerja pada rangka. Maka dari itu dibutuhkan material yang kuat untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Fungsi utama dari sebuah rangka yaitu untuk menopang mesin, penggerak, sistem kelistrikan, dan komponen-komponen pendukung lainnya. Rangka harus memenuhi persyaratan diantaranya yaitu harus kuat dan kokoh sehingga dapat menopang mesin dan komponen-komponen lainnya tanpa mengalami kerusakan.

Berikut rumus perhitungan mekanika teknik untuk mengetahui kekuatan rangka (Popov, 1995):

- a. Menghitung gaya yang bekerja

$$F = m \times a \quad (2.1)$$

Keterangan:

F = gaya (N)

m = massa (kg)

g = percepatan (m/s^2)

- b. Momen momen yang bekerja

$$M = F \times d \quad (2.2)$$

Keterangan:

M = momen (N.mm)

F = gaya (N)

d = panjang dari titik ke titik (mm)

- c. Tegangan yang diijinkan

$$\sigma_{ijin} = \frac{\sigma}{S_f} \quad (2.3)$$

Keterangan:

σ_{ijin} = tegangan yang diijinkan (N/mm^2)

σ = tegangan luluh (N/mm^2)

S_f = faktor keamanan beban yang dikenakan

d. Tegangan beban

$$\sigma_{beban} = \frac{M_{maks}}{I} \times C \quad (2.4)$$

Keterangan:

 σ_{beban} = tegangan beban (N/mm²) M_{maks} = momen lentur maksimal (N.mm)I = momen inersia (mm⁴)

C = jarak sumbu netral (mm)

2.2.6 Tuas

Menurut Khurmi dkk (2005), tuas adalah batang atau batang kaku yang mampu berputar di titik tetap yang disebut titik tumpu. Tuas digunakan pada mesin untuk mempermudah mengangkat beban. Rasio beban yang diangkat dengan gaya yang diberikan disebut keuntungan mekanis. Terkadang, tuas hanya digunakan untuk memfasilitasi penerapan gaya ke arah yang diinginkan. Tuas dapat digunakan secara lurus atau melengkung dan gaya yang diterapkan pada tuas (atau oleh tuas) mungkin sejajar atau miring satu sama lain. Prinsip kerja tuas sama dengan prinsip momen. Jika beban yang besar ingin diangkat dengan gaya yang kecil, maka lengan gaya atau usaha harus jauh lebih panjang dari lengan beban. Adapun beban dan gaya dapat diterapkan pada tuas dengan tiga cara berbeda yaitu:

- a. Pada tuas jenis pertama, titik tumpu berada di antara beban dan gaya. Dalam hal ini, lengan usaha atau gaya lebih besar dari lengan beban, oleh karena itu keuntungan mekanis yang diperoleh lebih dari satu. Jenis tuas seperti ini biasanya ditemukan di tuas engkol bel yang digunakan dalam pengaturan sinyal kereta api, *rocker arm* di mesin pembakaran internal, pegangan pompa tangan, dll.
- b. Pada tuas jenis kedua, beban berada di antara titik tumpu dan gaya. Dalam hal ini, lengan usaha atau gaya lebih dari lengan beban, oleh karena itu keuntungan mekanis lebih dari satu. Aplikasi dari jenis tuas seperti itu ditemukan di tuas katup pengaman.
- c. Pada tuas jenis ketiga, gaya berada di antara titik tumpu dan beban. Dalam hal ini lengan usaha lebih kecil dari lengan beban, oleh karena itu

keuntungan mekanisnya kurang dari itu. penggunaan dari jenis tuas seperti ini tidak direkomendasikan dalam praktik rekayasa. Namun jenis tuas ini digunakan pada penjepit, pedal dari mesin jahit, dll.

Berikut rumus perhitungan mengenai panjang tuas agar gaya yang dibutuhkan dalam mekanisme penuangan tukik pada tungku krusibel minimal (Khurmi, 2005):

$$W \times l_b = F \times l_k \quad (2.5)$$

Keterangan:

W = beban (N)

F = gaya (N)

l_b = lengan beban (mm)

l_k = lengan kuasa (mm)

2.2.7 Proses produksi

Menurut (Rochim, 2007), Proses 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. 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. 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. Adapun proses produksi yang dilakukan dalam pengerjaan rancang bangun mekanisme penuangan tukik pada tungku krusibel adalah proses pemotongan, proses pembubutan, proses gurdi, proses pengelasan.

A. Proses Pemotongan

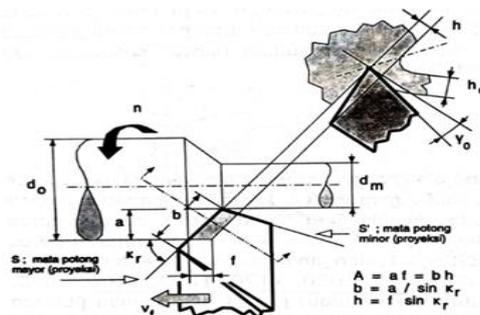
Menurut Widarto dkk (2008), proses pemotongan merupakan suatu proses yang digunakan untuk mengubah bentuk suatu produk (komponen mesin) dari logam dengan cara memotong. Berdasarkan pada cara pemotongannya, proses pemotongan logam dapat dikelompokkan menjadi empat kelompok dasar, yaitu proses pemotongan dengan mesin las, proses pemotongan dengan mesin pres, proses pemotongan dengan mesin perkakas, dan proses pemotongan non-konvensional.

B. Proses Bubut

Menurut Widarto dkk (2008), proses bubut adalah proses pemesinan untuk menghasilkan bagian – bagian mesin berbentuk silindris yang dikerjakan dengan menggunakan mesin bubut. Prinsip dasarnya dapat didefinisikan sebagai proses pemesinan permukaan luar benda silindris atau bubut rata:

- Dengan benda kerja yang berputar.
- Dengan satu pahat bermata potong tunggal.
- Dengan gerakan pahat sejajar terhadap sumbu benda kerja pada jarak tertentu sehingga akan membuang permukaan luar benda kerja.

Tiga parameter utama pada proses bubut adalah kecepatan putar spindel (*speed*), gerak pemakanan (*feed*), dan kedalaman potong (*depth of cut*). Faktor yang lain seperti bahan benda kerja dan jenis pahat sebenarnya juga memiliki pengaruh yang cukup besar, tetapi tiga parameter di atas adalah bagian yang bisa diatur oleh operator langsung pada mesin bubut. Adapun parameter proses bubut ditunjukkan dengan gambar skematis proses bubut pada Gambar 2.7 dibawah ini.



Gambar 2.7 Skematis proses bubut (Rochim, 2007)

Berikut rumus perhitungan proses bubut untuk menghitung proses produksi pada rancang bangun mekanisme penuangan tukik tungku krusibel (Rochim, 2007):

a. Kecepatan potong

$$v = \frac{\pi dn}{1000} \quad (2.6)$$

Keterangan:

v	= kecepatan potong	(mm/menit)
d	= diameter benda kerja	(mm)
n	= putaran spindel	(putaran/menit)

b. Kecepatan makan

$$v_f = f \cdot n \quad (2.7)$$

Keterangan:

v_f	= kecepatan pemakanan	(mm/menit)
f	= gerak makan	(mm/putaran)
n	= putaran spindel	(putaran/menit)

c. Waktu pemotongan

$$t_c = \frac{l_t}{v_f} \quad (2.8)$$

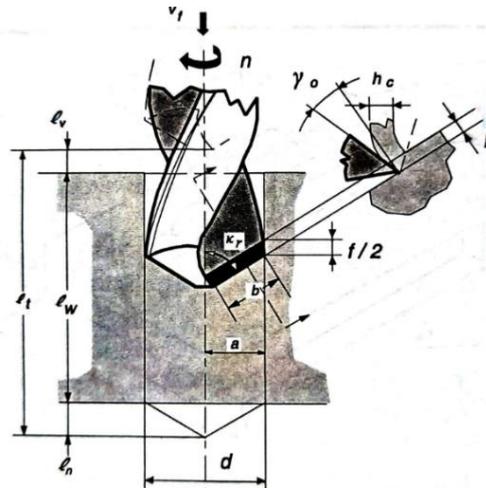
Keterangan:

t_c	= waktu pemotongan	(menit)
l_t	= panjang pemesinan	(mm)
v_f	= kecepatan pemakanan	(mm/menit)

C. Proses Gurdi

Menurut Widarto dkk (2008), proses Gurdi adalah proses pemesinan yang paling sederhana di antara proses pemesinan lain. Biasanya di bengkel atau *workshop* proses ini dinamakan proses bor, walaupun istilah ini sebenarnya kurang tepat. Proses gurdi dimaksudkan sebagai proses pembuatan lubang bulat dengan menggunakan mata bor (*twist drill*). Proses gurdi dapat dilakukan pada mesin bubut di mana benda kerja diputar oleh pencekam poros utama dan gerak makan dilakukan oleh pahat gurdi yang dipasang padaudukan pahat (*tool post*) atau kepala gerak (*tail stock*).

Parameter proses gurdi pada dasarnya sama dengan parameter proses pemesinan yang lain, yaitu kecepatan potong, gerak makan (*feed*), dan kedalaman potong. Adapun parameter proses gurdi ditunjukkan dengan gambar skematis proses gurdi pada Gambar 2.8 dibawah ini.



Gambar 2.8 Skematis proses gurdi (Rochim, 2007)

Berikut rumus perhitungan proses gurdi untuk menghitung proses produksi pada rancang bangun mekanisme penuangan tukik tungku krusibel (Rochim, 2007):

- a. Kecepatan potong

$$v = \frac{\pi d n}{1000} \quad (2.9)$$

Keterangan:

- v = kecepatan potong (mm/menit)
 d = diameter gurdi (mm)
 n = putaran spindel (putaran/menit)

- b. Gerak makan (*feed*)

$$f_z = 0,084 \sqrt[3]{d} \quad (2.10)$$

Keterangan:

- f_z = gerak makan (mm/putaran)
 d = diameter gurdi (mm)

- c. Kecepatan makan per mata potong

$$v_f = f \cdot z \cdot n \quad (2.11)$$

Keterangan:

v_f	= kecepatan pemakanan	(mm/menit)
f	= gerak makan	(mm/putaran)
z	= jumlah mata potong	
n	= putaran spindel	(putaran/menit)

d. Waktu pemotongan

$$t_c = \frac{l_t}{v_f} \quad (2.12)$$

Keterangan:

t_c	= waktu pemotongan	(menit)
v_f	= kecepatan pemakanan	(mm/min)
l_t	= panjang pemesinan	(mm)

e. Panjang pemesinan

$$l_t = l_v + l_w + l_n \quad (2.13)$$

Keterangan

l_v	= jarak mata bor dengan benda kerja sebelum pengguridian
l_w	= tebal benda kerja
l_n	= jarak mata bor dengan benda kerja setelah pengguridian
	= $\frac{d/2}{\tan Kr}$
Kr	= sudut potong utama (°)

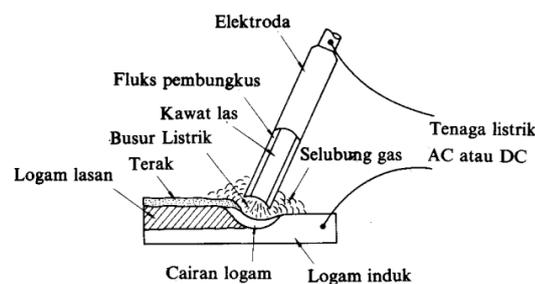
D. Proses Pengelasan

Proses pengelasan dilakukan guna untuk menyambung komponen pada rangka dudukan dan pipa baja *elbow* dengan poros. Berdasarkan cara kerjanya pengelasan dapat dibagi dalam tiga kelas utama yaitu pengelasan cair, pengelasan tekan, dan pematrian (Wiryosumarto dkk, 2000). Pengelasan cair adalah cara pengelasan di mana sambungan dipanaskan sampai mencair dengan sumber panas dari busur listrik atau semburan api gas yang terbakar. Pengelasan tekan adalah cara pengelasan di mana sambungan dipanaskan dan kemudian ditekan hingga menjadi satu. Sedangkan pematrian adalah cara pengelasan di mana sambungan diikat dan disatukan dengan menggunakan paduan logam yang mempunyai titik cair rendah.

Dalam cara ini logam induk tidak turut cair. Dari tiga cara pengelasan di atas, yang digunakan untuk proses pengelasan untuk menyambung komponen pada rangka dudukan dan pipa baja *elbow* dengan poros adalah proses pengelasan dengan cara pengelasan cair.

Pemilihan cara pengelasan ini dikarenakan sambungan yang dihasilkan relatif lebih kuat dibandingkan dengan dua cara pengelasan lainnya. Salah satu cara pengelasan yang termasuk dalam pengelasan cair adalah pengelasan menggunakan las busur listrik. Terdapat banyak jenis pengelasan menggunakan las busur listrik, seperti las elektroda terbungkus, las busur dengan pelindung gas, dan las busur dengan pelindung bukan gas.

Adapun jenis las yang digunakan dalam proses penyambungan rangka adalah jenis las busur listrik dengan elektroda terbungkus. Las listrik dengan elektroda terbungkus merupakan cara pengelasan yang paling banyak digunakan. Pengelasan ini menggunakan kawat elektroda logam yang dibungkus dengan fluks. Dalam Gambar 2.9 dapat dilihat bahwa busur listrik terbentuk diantara logam induk dan ujung elektroda. Karena panas dari busur ini maka logam induk dan ujung elektroda tersebut mencair dan kemudian membeku bersama. (Wiryosumarto dkk, 2000).



Gambar 2.9 Las busur dengan elektroda terbungkus (Wiryosumarto, 2000)

Dalam las elektroda terbungkus, busurnya ditimbulkan dengan menggunakan listrik arus bolak balik (AC) atau listrik arus searah (DC). Penggunaan listrik AC lebih banyak digunakan karena pertimbangan harga, mudah penggunaannya, dan perawatan yang sederhana. Sementara itu, keunggulan penggunaan listrik DC adalah bagusnya busur yang ditimbulkan, sehingga sangat sesuai untuk pengelasan pelat-pelat yang amat tipis. Elektroda terbungkus untuk

baja kekuatan sedang telah distandarkan di negara-negara industri salah satunya yaitu standar di Amerika Serikat (ASTM).

2.2.8 Uji kekerasan *Rockwell*

Menurut Callister (2007), kekerasan merupakan sifat mekanik yang penting untuk dipertimbangkan dalam pemilihan material. Uji kekerasan digunakan untuk mengukur ketahanan material terhadap deformasi plastis seperti penyok atau goresan. Tes kekerasan awal didasarkan pada mineral alami dengan skala berdasarkan pada kemampuan satu bahan untuk menggores bahan lain yang lebih lunak. Teknik kekerasan kuantitatif telah dikembangkan selama bertahun-tahun dimana indenter kecil dipaksa ke permukaan bahan yang akan diuji, dibawah kondisi beban dan laju pembebanan yang terkendali. Kedalaman atau ukuran lekukan yang dihasilkan diukur, yang pada gilirannya terkait dengan angka kekerasan; semakin lunak bahannya, semakin besar dan dalam lekukannya, dan semakin rendah nomor indeks kekerasan. Kekerasan terukur hanya bersifat relatif (bukan mutlak), dan kehati-hatian harus dilakukan ketika membandingkan nilai yang ditentukan oleh teknik yang berbeda.

Tes *Rockwell* merupakan metode yang paling umum digunakan untuk mengukur kekerasan karena mudah untuk dilakukan dan tidak memerlukan keahlian khusus. Beberapa skala yang berbeda dapat digunakan dari kombinasi berbagai indenter dan beban yang berbeda, yang memungkinkan pengujian hampir semua paduan logam. Indenter termasuk bola baja yang keras dan intan berbentuk kerucut (*brale*) indenter. Indenter *brale* digunakan untuk bahan yang keras.

Dalam uji kekerasan *Rockwell*, angka kekerasan ditentukan oleh perbedaan kedalaman penetrasi yang dihasilkan dari penerapan beban *minor* diikuti oleh beban *major* (utama) yang lebih besar; pemanfaatan beban *minor* meningkatkan akurasi pengujian. Untuk *Rockwell*, beban *minor* adalah 10 kg, sedangkan beban *major* yaitu 60, 100, dan 150 kg. Setiap skala diwakili oleh huruf alfabet. Saat menentukan nilai kekerasan *Rockwell* simbol skala dilambangkan dengan HR. Skala kekerasan *Rockwell* dapat ditunjukkan pada Tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2 Skala kekerasan *Rockwell* (Surdia dan Saitou, 2013)

Skala	Penekan	Beban utama	Dial
B	Bola baja 1/16"	100	Merah
C	Intan	150	Hitam
A	Intan	60	Hitam
D	Intan	100	Hitam
E	Bola baja 1/8"	100	Merah
F	Bola baja 1/16"	60	Merah
G	Bola baja 1/16"	150	Merah
H	Bola baja 1/8"	60	Merah
K	Bola baja 1/8"	150	Merah
L	Bola baja 1/4"	60	Merah
M	Bola baja 1/4"	100	Merah
P	Bola baja 1/4"	150	Merah
R	Bola baja 1/2"	60	Merah
S	Bola baja 1/2"	100	Merah
V	Bola baja 1/2"	150	Merah

Pengujian kekerasan *Rockwell* cocok untuk semua material yang keras dan yang lunak, penggunaannya sederhana dan penekannya dapat dengan leluasa. Tabel 2.2 menunjukkan bagaimana memilih skala *Rockwell*. Skala kekerasan B, C dan A adalah untuk bahan logam, skala A dapat dipakai untuk bahan sangat keras seperti karbida tungsten, skala D dan di bawahnya dipakai untuk batu gerinda sampai plastik. Pengujian *Rockwell* superfisial mempergunakan beban yang ringan untuk memperbaiki ketelitian dari penekan dengan cara penggunaan yang sama, juga dapat mengukur kekerasan permukaan dari bahan yang dikeraskan kulitnya. Sehingga pengujian yang dilakukan terhadap material hasil pengecoran limbah aluminium digunakan skala kekerasan *Rockwell* B.