

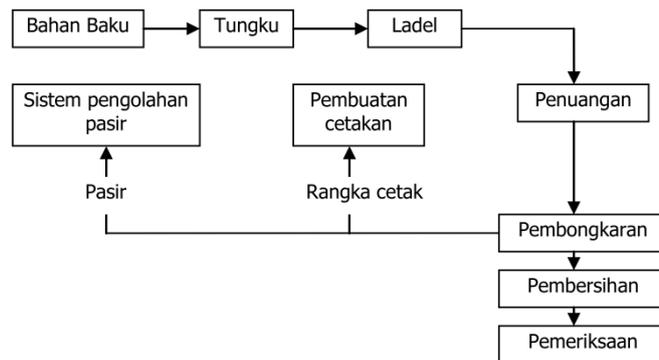
BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengecoran Logam

Pengecoran logam merupakan proses pembuatan suatu benda dengan cara meleburkan logam dan menuangkannya ke dalam cetakan. Proses ini dapat digunakan untuk membuat objek dengan bentuk yang kompleks. Benda berongga yang sangat besar yang sangat sulit atau mahal untuk diproduksi dengan metode lain dapat diproduksi secara massal secara ekonomis dengan menggunakan teknik pengecoran. (Surdia, 1976).

Peleburan logam dapat dilakukan pada beberapa logam seperti besi, paduan tembaga (perunggu, aluminium-perunggu, kuningan, dan sebagainya), paduan logam ringan (paduan aluminium, paduan magnesium dll) dan paduan sejenis lainnya. seperti monel (paduan nikel tembaga rendah), paduan seng, Hastelloy (paduan yang mengandung molibdenum, kromium dan silikon) dll. (Surdia, 1976).



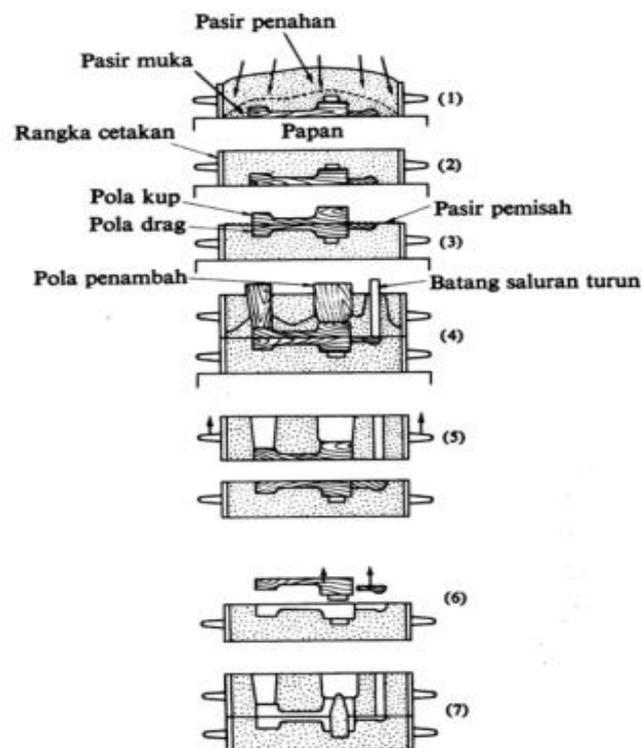
Gambar 2.1. Proses Pembuatan benda coran (Surdia, 1976:3)

Produksi coran harus dikerjakan proses seperti: pengecoran logam, cetakan, pengecoran, pembongkaran coran, pembersihan dan inspeksi. Peleburan logam dapat dilakukan dengan berbagai cara, seperti tungku induksi, cungkup atau lainnya. Proses pembuatan cetakan ini dengan cara menekan pasir alam atau pasir buatan yang komposisinya mengandung tanah liat. Pada metode pembuatan cetakan pasir mudah dibuat dan murah jika menggunakan pasir yang tepat. Cetakan juga dapat dibuat dari bahan lainnya seperti logam, biasanya besi, dan merupakan

kebiasaan untuk menuang logam yang memiliki titik leleh lebih rendah daripada besi. (Surdia, 1976).

Pengecoran logam memerlukan pola yang meniru benda yang dicor. Templat bisa terbuat dari logam, kayu, styrofoam, lilin, dll. Pada proses ini desain ukuran cetakan sedikit akan lebih besar dari dimensi benda yang akan dibuat untuk mencegah penyusutan pada saat pendinginan atau proses pebekuan dan operasi akhir setelah pengecoran. Selain itu, polanya juga dibuat miring pada bagian samping untuk mempermudah pada saat pelepasan pola dari pasir cetakan. (Surdia, 1976).

Cetakan ialah suatu rongga atau ruang pada pasir cetakan yang diisi dengan logam cair. Cetakan ini pada saat proses pembuatannya menggunakan bahan dari pasir pres dilakukan pada rangka cetakan. Bentuknya terdiri dari kudeta dan tarikan. Kup adalah form di atas dan drag adalah form di bawah. Satu hal yang perlu dipertimbangkan saat mengikat dan menarik adalah menentuka permukaan perpisahan yang tepat. (Surdia, 1976).



Gambar 2.2. Proses pembuatan cetakan (Surdia, 1976: 94)

Salah satu komponen rangka cetakan, bisa dari kayu atau logam, merupakan tempat pemadatan pasir cetak yang sebelumnya ditempatkan pada pola. Dalam proses pengecoran diperlukan dua buah rangka cetakan, yaitu rangka cetakan kap mesin dan rangka mesin drawing. (Surdia, 1976).

2.2 Cetakan Pasir dan Bahan Pengikat

Pada cetakan pasir, setelah lelehan mengeras, cetakan harus dihancurkan untuk menghilangkan lelehan tersebut. Pasir hasil cetakan yang hancur dapat dipakai ulang untuk membuat cetakan setelah ditambahkan air dan air tersebut di campurkan hingga merta. (I.Astika, 2010)

Penggunaan pasir cetak yang sering digunakan ialah jenis pasir gunung, pasir sungai, pasir pantai, dan pasir silika. Semuanya memiliki unsur dasar SiO₂. Pasir silika mempunyai kandungan SiO₂ terbesar yaitu lebih dari 95%. Pasir cetakan yang digunakan harus memenuhi persyaratan berikut:

- Cukup kuat menahan berat logam cair
- Tahan terhadap suhu tinggi
- Dapat dibentuk
- Permeabilitas yang sesuai
- Tahan terhadap erosi
- Permeabel terhadap beberapa gas

Beberapa bahan pengikat yang berbeda dapat digunakan untuk membuat pasir cetakan, yaitu:

1. Berikut adalah beberapa jenis bahan pengikat yang dimana bahan tersebut mengandung unsur silikat.

Beberapa bahan pengikat dalam kelompok ini adalah:

- a. Tanah liat / tanah liat, yang merupakan bahan pengikat tertua yang digunakan dalam cetakan pasir. Pada jenis tanah lempung ini mengandung tiga jenis komponen yaitu: 1. Kaolinit, 2. Montmorillonite. Saat ini, bentonit merupakan bahan pengikat yang paling umum digunakan dalam pengecoran logam.

b. Bentonit adalah sejenis tanah liat. Bentonit terdiri dari baja halus 10-0,0 μ yang fasa utamanya adalah montmorillonit ($\text{Al}_2 \cdot \text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$). Plastisitas terjadi sebagai akibat pemuain dengan penambahan air ke dalamnya.

Bahan bentonit ini sering di pakai juga pada proses pengecoran, bahan ini sebagai pengikat pada pembuatan cetakan pasir karena mempunyai sifat-sifat yang diperlukan yaitu:

1. Menghasilkan daya ikat yang tinggi.
2. Saat basah menjadi tanah liat sehingga lebih mudah dibentuk.
3. Mengeras setelah dikeringkan (I. Astika, 2010)

2.3 Pasir

Material pasir yang sering dipakai dalam pengecoran sebagian besar ialah pasir kuarsa (SiO_2). Pasir merupakan hasil penghancuran batuan dalam jangka waktu yang lama. Penggunaan pasir ialah sebagai bahan untk cetakan karena harganya yang murah dan tahan terhadap suhu tinggi. Ada 2 jenis pasir yang umum, yaitu pasir terikat alami (pasir pantai) dan pasir sintetis (pasir danau). Karena komposisinya mudah dikontrol, banyak industri pengecoran lebih memilih pasir sintetis. (Bhirawa, 2013)

Pasir silika mengandung kombinasi SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , TiO_2 , CaO , MgO dan K_2O , berwarna putih cerah atau warna lain tergantung bahan tambahannya, kekerasan 7 (skala Mohs), berat jenis 2,65, titik leleh 17150C, bentuk kristal heksagonal, panas jenis 0,185 dan konduktivitas termal 12-1000C (Sumber: Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara. 2005 [Http://www.tekmira.esdm.go.id/kp/informasi/Pertamb/index .asp](http://www.tekmira.esdm.go.id/kp/informasi/Pertamb/index.asp)).

Tabel 2.1. Komposisi kimia silika yang digiling halus dan bahan lainnya.

Sumber : K. Kohno dkk (1989)

Chemical Analysis of Finely Ground Silica and Other Related Material									
Composition Material	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O	FeO
Taiwan Coper Slag	34.3	3.83	53.72	7.91	0.94	3.02	0.42	0.55	-
Taiwan Fly Ash	49.9	21.8	11.54	2.64	1.15	0.75	0.56	1.76	-
ASTM Type I Cement	21.8	5.65	3.25	62.5	1.13	1.95	0.24	0.91	-
Iron Sand	15	3	2	3	-	-	0.5	-	60
Finely Ground Silica	89.9	3.64	3	0.27	0.09	-	0.04	0.05	-
Silika Fume	81.3	1.2	2.94	1.56	1.7	-	0.47	0.97	-

Ada beberapa faktor penting dalam memilih jenis pasir yang akan digunakan untuk cetakan, seperti bentuk dan ukuran pasir. Misalnya pasir yang halus dan bulat memberikan permukaan produk yang halus/halus. Pasir, bahan pengikat (bentonit atau tanah liat) dan air juga dibutuhkan untuk membuat pasir cetakan. Ketiga bahan ini dicampur hingga memiliki komposisi tertentu dan siap digunakan sebagai bahan cetakan. (Bhirawa, 2013)

2.4 Propeller

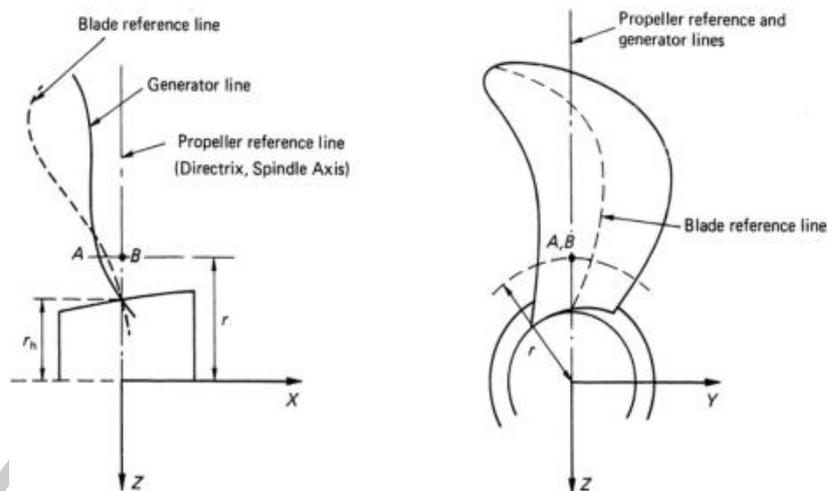
Baling-baling adalah komponen berbentuk baling-baling yang digunakan untuk mengemudikan kapal atau pesawat terbang. Baling-baling ini mentransmisikan daya dengan mengubah gerak putar menjadi gaya dorong untuk mendorong kendaraan seperti pesawat, kapal laut, atau kapal selam melewati suatu massa seperti air atau udara dengan memutar 2 (dua) atau lebih bilah kembar pada poros utama. Baling-baling yang biasa digunakan oleh nelayan adalah baling-baling dengan jarak tetap, yaitu. berikut ini: (Endramawan, 2019)

Tabel 2.2. Spesifikasi propeller (Endramawan,2019)

Jumlah Sudu	3
Tebal Sudu	0.5 mm
Diameter	322 mm
Berat	0.49 kg
Material	Aluminum
<i>Density</i>	2690 kg/m ³
<i>Specific Heat</i>	850 J/(kg-K)
<i>Thermal Conductivity</i>	138 W/(m*K)
<i>Yield Strength</i>	2.7 x 10 ⁶

Adapun dimensi propeller harus mengacu pada rekomendasi *National Advisory Committee for Aeronautics* (NACA) (Carlton,2012) sebagai contoh cara memberikan blade reference line sebagaimana diilustrasikan pada Tabel 2.1 diantaranya adalah, menghitung *performance propeller*, parameter aliran di sekitar propeller, parameter *fraksi wake*, parameter deduksi koefisien dorong, parameter

efisiensi badan kapal, parameter efisiensi propulsi, parameter propeller pada air terbuka. (Adhi Paska, 2016)



Gambar 2.3. *Blade Reference Line* (Adhi Paska, 2016)

2.5 Aluminium

Aluminium ialah suatu logam yang sangat banyak, yang ada di susunan kerak bumi. Aluminium ini pada umumnya terdapat secara alami, sehingga aluminium ini harus diproses secara lebih lanjut dengan beberapa cara seperti proses bayer maupun hall-heroult, dimana aluminium ini bisa disebut aluminium murni dari bumi. Secara umum aluminium mempunyai keunggulan sebagai berikut:

1. Tidak berat, massa jenis 2,7 gram/cm.
2. Memiliki fluiditas dan kekuatan yang bagus.
3. Kuat dalam menahan korosi karena sifat oksida pelindung pada permukaannya.
4. Ini memiliki konduktivitas listrik dan termal yang baik.
5. Nilai kekuatan dapat bervariasi bahkan lebih dari baja struktural.

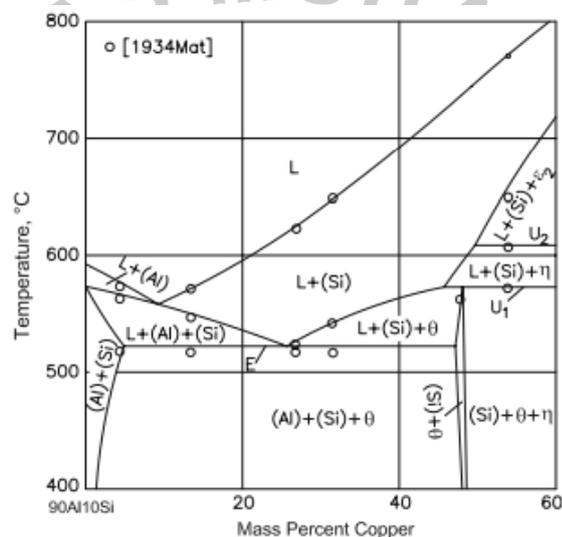
(Endramawan, 2019)

Paduan aluminium AC4B pada dasarnya adalah adalah paduan Al-Si hypereutectic dengan dua pematatan utama tahap, pembentukan dendrit kaya aluminium diikuti oleh pengembangan fasa silikon. komposisi paduan Aluminium AC4B sebagaimana yang ditunjukkan pada Tabel 2.2. Paduan dominan adalah Si dengan komposisi 8.2% dan Cu 2.3%. (Endramawan,2019)

Tabel 2.3. Komposisi paduan Aluminium type AC4B (Endramawan,2019)

Alloy	Si	Cu	Mg	Fe	Mn
AC4B	8.2	2.3	0.12	0.79	0.12

Dari diagram fasa terner paduan Al-Si-Cu yang ditunjukkan oleh gambar 2.2. Sedangkan diagram fasa Al-Cu-Si saat kandungan 10% Si ditunjukkan pada gambar 2.3. dikarenakan sulit mendapatkan diagram fasa dengan kandungan Si tepat 8.2% atau Cu 2.3%, maka digunakanlah diagram fasa dengan kandungan Si yang mendekati. Didapatkan bahwa melting point berada di kisaran angka 580°C. (Raghavan, 2007)



Gambar 2.4. Binary Phase Diagram Al-Si-Cu dengan kandungan Si 10% (Raghavan,2007)

Ciri-ciri umum yang dimiliki oleh paduan aluminium ialah:

1. Tipe Al murni secara teknis (seri 1xxx)

Paduan jenis ini memiliki sebuah kandungan aluminium minimal 99,0%, dan pengotor utama (elemen paduan) adalah besi dan silikon. Aluminium pada seri ini memiliki kekuatan yang rendah, namun memiliki ketahanan korosi, konduktivitas termal dan konduktivitas listrik yang baik, serta sifat pengelasan dan pemotongan yang baik. Seri aluminium ini banyak digunakan dalam pekerjaan lembaran logam. (Muku, 2009)

2. Paduan Al-Cu (seri 2xxx)

Unsur paduan utama dalam seri ini adalah tembaga, namun magnesium dan sejumlah kecil unsur lainnya juga ditambahkan ke sebagian besar paduan jenis ini. Jenis paduan Al-Cu adalah jenis yang diberi perlakuan panas. Karena pengerasan atau pelapisan presipitasi, sifat mekanik paduan ini setara dengan baja ringan, namun ketahanan korosinya rendah dibandingkan paduan lainnya. Kemampuan lasnya juga buruk, sehingga paduan jenis ini sering digunakan pada konstruksi paku keling dan banyak digunakan pada konstruksi pesawat terbang, seperti duralumin (2017) dan superduralumin (2024). (Muku, 2009)

3. Paduan tipe Al-Mn (seri 3xxx)

Mangan merupakan unsur paduan utama dalam seri ini. Paduan ini termasuk jenis yang tidak dapat dipanaskan, sehingga kekuatannya hanya dapat ditingkatkan dengan pengerjaan dingin pada proses pembuatannya. Dibandingkan dengan aluminium murni, paduan ini memiliki sifat yang sama dalam hal ketahanan terhadap korosi, pemotongan dan pengelasan, sedangkan dari segi kekuatan, paduan jenis ini jauh lebih baik. (Muku, 2009)

4. Paduan jenis Al-Si (seri 4xxx)

Paduan Al-Si mengandung jenis yang tidak dapat dipanaskan. Jenis dalam keadaan cair ini mempunyai sifat alir yang baik dan hampir tidak terjadi keretakan pada saat pembekuan. Karena sifat-sifatnya, paduan jenis Al-Si banyak digunakan sebagai material atau logam las pada pengelasan paduan aluminium, serta pada peleburan dan thermoalloy. (Muku, 2009)

5. Paduan logam jenis Al-Mg (seri 5xxx)

Magnesium merupakan paduan basa dengan komposisi sekitar 5%. Tipe ini mempunyai sifat yang baik dalam hal ketahanan terhadap korosi terutama korosi air laut dan kemampuan las. Paduan ini juga digunakan dalam pengerjaan lembaran logam, biasanya pada komponen bus, truk, dan aplikasi kelautan. (Muku, 2009)

6. Paduan tipe Al-Mg-Si (seri 6xxx)

Unsur paduan seri 6xxx adalah magnesium dan silikon. Paduan ini adalah jenis yang dapat diolah dengan panas dan memiliki sifat pemotongan yang memadai

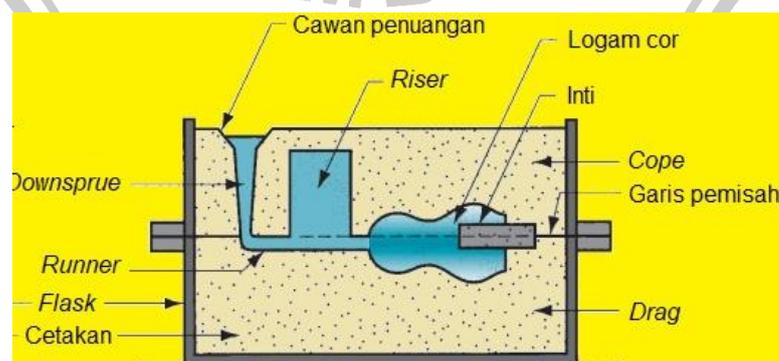
serta ketahanan terhadap korosi. Kerugian dari paduan ini adalah melunaknya zona pengelasan akibat panas pengelasan yang dihasilkan. Jenis paduan ini banyak digunakan untuk keperluan pembuatan rangka. (Muku, 2009)

7. Paduan tipe Al-Zn (seri 7xxx)

Paduan ini merupakan tipe yang dapat diberi perlakuan panas. Mg, Cu dan Cr biasanya ditambahkan pada paduan dasar Al-Zn. Kekuatan tarik yang dapat dicapai lebih dari 504 Mpa, sehingga paduan ini disebut juga ultraduralumin, yang sering digunakan pada struktur rangka pesawat. Berbeda dengan kekuatan tariknya, kemampuan las dan ketahanan korosinya kurang menguntungkan. Saat ini paduan Al-Zn-Mg banyak digunakan pada struktur las karena jenis ini mempunyai kemampuan las dan ketahanan korosi yang lebih baik dibandingkan paduan dasar Al-Zn. (Muku, 2009)

2.6 Pengecoran Logam dengan Cetakan Pasir

Pengecoran pasir adalah sebuah proses pengecoran yang paling umum dipakai. Hampir semua paduan dapat dituang dalam cetakan pasir. Pengecoran dengan menggunakan cetakan media pasir juga dapat digunakan untuk logam aluminium atau logam yang memerlukan titik leleh tinggi seperti nikel, baja dan titanium. Proses pengecoran ini fleksibel dan dapat menangani produk kecil dan sangat besar serta produksinya mencapai jutaan. Pengecoran dalam cetakan pasir dikenal dengan istilah pengecoran pasir. Anatomi internal pengecoran ditunjukkan pada Gambar 2.6 dan terdiri dari cangkir, tabung bawah, saluran, piston, riser, dan inti atau slot logam. (Tata Suriah, 1976).



Gambar 2.5. Anatomi *Sand Casting* (Tata Surdia, 1976)

2.6.1 Cetakan

Ada beberapa hal yang perlu diamati dalam proses pembuatan suatu cetakan, salah satunya adalah:

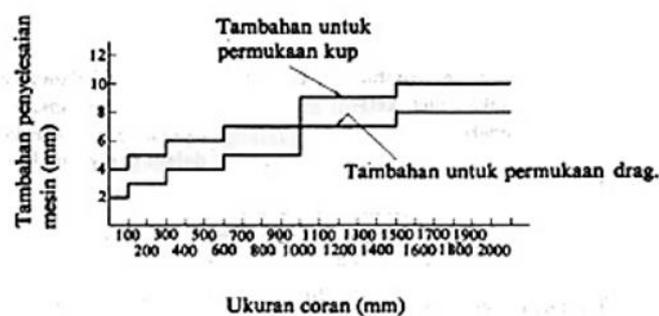
1. Dimensi banyak pola benda yang terbuat dari coran harus diperbesar dari ukuran bahan sebenarnya, yang salah satu fungsinya adalah untuk mencegah penyusutan, dan berguna pada proses akhir peleburan yang dihasilkan.
2. Permukaan pola yang dicetak harus dalam keadaan baik dan pola harus halus agar proses pencetakan tidak merusak cetakan pada saat pelepasan pola.
3. Faktor yang mempengaruhi adalah kemiringan pola yang sangat penting, dengan kemiringan tersebut akan lebih mudah memisahkan pola dari cetakan sehingga dalam prosesnya tidak merusak pada cetakan itu sendiri.

Adapun untuk mengakomodir terjadinya penyusutan, rekomendasi penambahan fluid logam ditampilkan pada tabel 2.3. Untuk paduan Aluminium, dibutuhkan tambahan 12 mm per setiap 1000 mm. (Tata Surdia,1976)

Tabel 2.4. Rekomendasi tambahan logam penyusutan (Tata Surdia,1976)

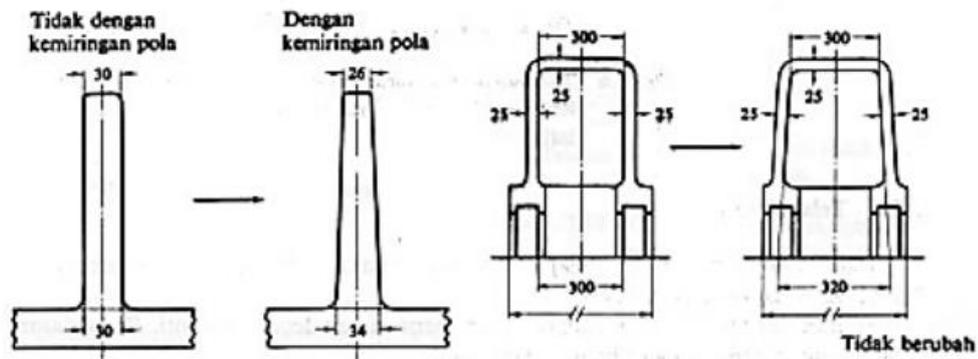
Tambahan	Bahan
8/1000	Besi Cor, Baja Tipis
12/1000	Paduan Aluminium, Bronze
14/1000	Kuningan

Adapun untuk mengakomodir permesinan, perbandingan ukuran coran dan tambahan dijelaskan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.6. Tambahan Pemesinan untuk coran paduan selain besi (Tata Surdia,1976)

Adapun agar mempermudah proses pelepasan pola dari cetakan, maka rekomendasi kemiringan digambarkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Kemiringan Pola (Tata Surdia,1976)

2.6.2 Desain Sistem Saluran

Desain system saluran merupakan hal yang sangat diperlukan pada suatu desain pada suatu proses pengecoran logam, dengan desain saluran tuang bagus akan mempengaruhi hasilnya dari produk-produk yang dibuat, kemudahan dalam proses *fettling*, memiliki faktor ekonomis dan sebagainya. (Syah, K,2017)

Saluran tuang ialah hal secara sederhana sebagai suatu proses bagian pada proses pengecoran untuk mengalirnya logam cair untuk mengisi rongga-rongga pada proses cetakan. Sistem saluran ada beberapa bagian-bagiannya yang terdiri dari saluran masuk (ingate) cawan tuang (pouring basin), dan saluran turun (sprue). Pada sistem saluran bisa dikatakan yang ideal harus memenuhi beberapa kriteria seperti berikut; dapat mengurangi biaya produksi mengurangi cacat, dan menghindari penyusutan, Salah satu uraian dari beberapa karakteristik dari sistem saluran diantaranya:

1. Sitem saluran ini mengurangi akan terjadinya turbulensi lajunya logam cair pada rongga cetakan. Turbulensi ini akan mengakibatkan terjebaknya gas-gas yang masuk, udara atau kotoran(slag) di dalam aliran logam cair yang dapat menghasilkan cacat pada coran.

2. Meringankan resiko masuknya beberapa gas-gas dalam logam cair.
3. Meringankan kecepatan pada logam cair yang telah mengalir kedalam cetakan pada proses pengecoran, sehingga akan mengurangi resiko terjadi erosi pada cetakan.
4. Mempercepat proses penuangan logam cair kedalam rongga cetak, dan untuk menghindari percepatan pembekuan.
5. Gradien yang akan terjadi pada saat akan masuknya logam cair ke area cetakan harus sama baiknya gradien pada permukaan cetakan, sehingga pada proses pendinginan dapat diarahkan menuju riser.
6. Mengondisikan pendinginan terarah (directional solidification) pada produk coran. (Syah, K,2017)

