

BAB II

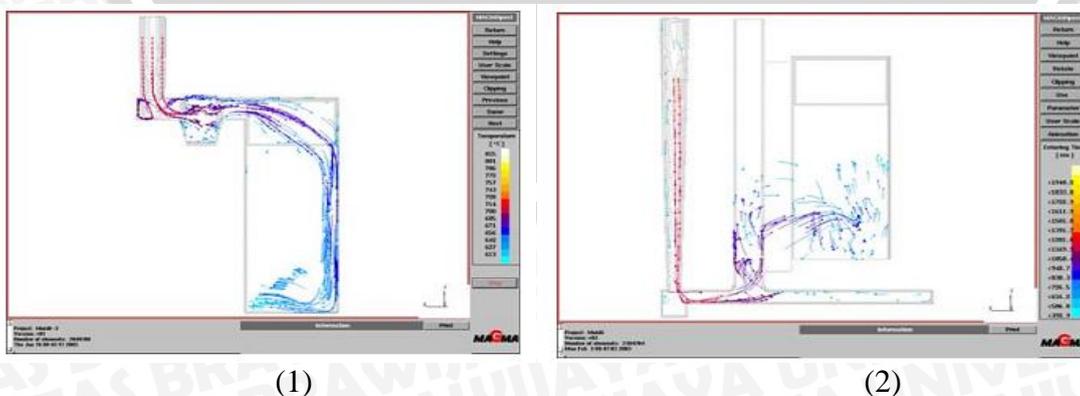
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Gantara (2011) melakukan penelitian yang menjelaskan bahwa semakin besar diameter bawah *sprue* maka nilai porositasnya semakin tinggi. Hal tersebut disebabkan karena pada diameter bawah *sprue* 20 mm logam cair jatuh bebas dan menyebabkan terjadinya gas. Semakin besar diameter bawah *sprue* nilai distribusi kekerasannya semakin meningkat, tetapi akan turun pada diameter 20 mm. Hal tersebut disebabkan banyak terjadi porositas yang menyebabkan nilai kekerasan menjadi turun. Pada penelitian ini belum dilakukan penelitian mengenai sistem saluran masuk, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut.

Penelitian yang dilakukan Hidayat dan Slamet (2010) menjabarkan tentang pengaruh model saluran yaitu cawan tuang dengan *offset basin* dan *offset stepped basin*. Dari sini diharapkan aliran cor akan lebih laminar sehingga cacat produk dapat diminimalisasi. Dengan memvariasikan model cawan tuang ini maka didapatkan hasil bahwa penggunaan cawan tuang baik yang *offset basin* maupun *offset stepped basin* dapat mengurangi cacat coran yang berupa porositas dan cacat permukaan dibandingkan tanpa menggunakan cawan tuang.

Penelitian yang dilakukan Schwam et al. (2004) adalah melakukan penelitian terhadap pengaruh *gating system* menggunakan *Finite Element Method*. Metode tersebut digunakan untuk melihat prediksi aliran logam pada saat logam dituangkan mulai dari saluran sampai masuk kerongga cetakan. Pola yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Pola cetakan.
Sumber: Schwam (2004:55 dan 56).

Pada pola cetakan 1, aliran yang masuk dalam rongga coran memiliki aliran yang turbulen, hal ini terjadi karena logam cor setelah melewati *ingate* pada model *top feeding* dibiarkan jatuh langsung pada rongga coran, sehingga akan membentuk udara hasil aliran turbulen yang mengakibatkan hasil coran akan kurang baik. Pada pola cetakan 2, terjadi turbulensi yang tidak terlalu besar, hal ini dikarenakan logam cair yang jatuh akan mengisi *sprue base* terlebih dahulu sehingga laju aliran akan tertahan, kemudian aliran terus naik dan akhirnya masuk ke rongga coran.

2.2 Produk *Wheel Hub*

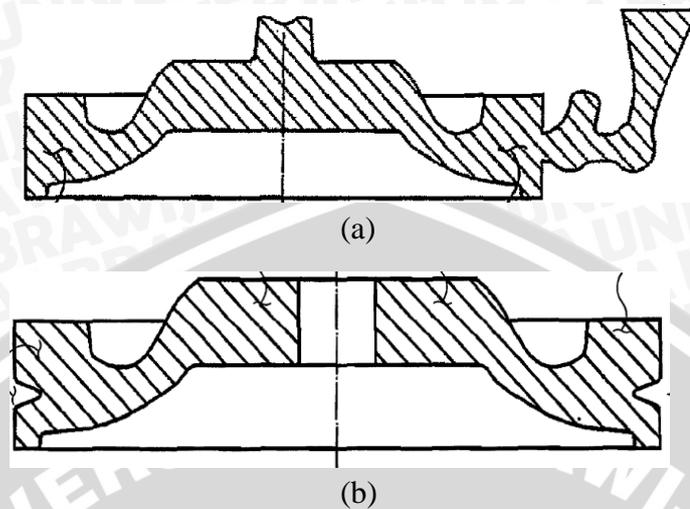
Wheel hub adalah salah satu komponen otomotif yang penting, khususnya pada *Go-kart*. Fungsinya adalah menghubungkan antara poros dengan *velg*. Pada *wheel hub* sering terjadi keausan karena bergesekan langsung dengan poros, oleh karena itu *wheel hub* harus dibuat dengan material yang memiliki porositas yang rendah. Porositas pada produk cor dapat menurunkan kekuatan benda tuang. Kekuatan merupakan salah satu sifat mekanis material untuk menunjukkan ketahanan *wheel hub* tersebut terhadap gesekan yang dapat menimbulkan keausan.



Gambar 2.2 Produk *wheel hub* di pasaran.
Sumber: Collingridge (2003).

Pada industri produk asesoris otomotif produk *wheel hub* seperti pada Gambar 2.2 (a dan b) dibuat dengan proses *sand casting* dan dipilih Aluminium 6061 sebagai bahannya. Seperti halnya pada hak paten yang digagas oleh Stayanov dan Wang (2010) merancang beberapa tahap dan proses pembuatan *wheel hub* dengan metode pengecoran. Penampang coran dan produk *wheel hub* dapat dilihat pada Gambar 2.3 (a) dan Gambar 2.3 (b). Pada Gambar 2.3 (a) dapat dilihat potongan melintang dari sistem

saluran yang dipakai untuk pembuatan produk *wheel hub* termasuk polanya, sedangkan gambar 2.3 (b) adalah penampang dari produk *wheel hub* setelah proses *finishing*.



Gambar 2.3 (a) Penampang coran dan (b) produk *wheel hub*.
Sumber: Stayanov (2010:1).

2.3 Pengecoran Logam

Proses Pengecoran adalah salah satu teknik pembuatan produk dimana logam dicairkan dalam tungku peleburan kemudian dituangkan ke dalam rongga cetakan yang serupa dengan bentuk asli dari produk cor dan akan membeku sesuai bentuk pola cetakan. Dalam melakukan pengecoran logam terdapat beberapa urutan kegiatan yang harus dilakukan diantaranya adalah membuat cetakan, peleburan logam, penuangan logam, pembersihan hasil coran, dan pemeriksaan hasil coran. Klasifikasi pengecoran didasarkan pada bahan cetakan secara umum proses pengecoran dikelompokkan menjadi dua yaitu:

1. *Expandable mold casting*

Expandable mold casting adalah cetakan yang hanya bisa dipakai untuk sekali proses pengecoran. Bahan cetakan umumnya adalah pasir, gips, keramik, dan material sejenis yang dicampur bahan pengikat.

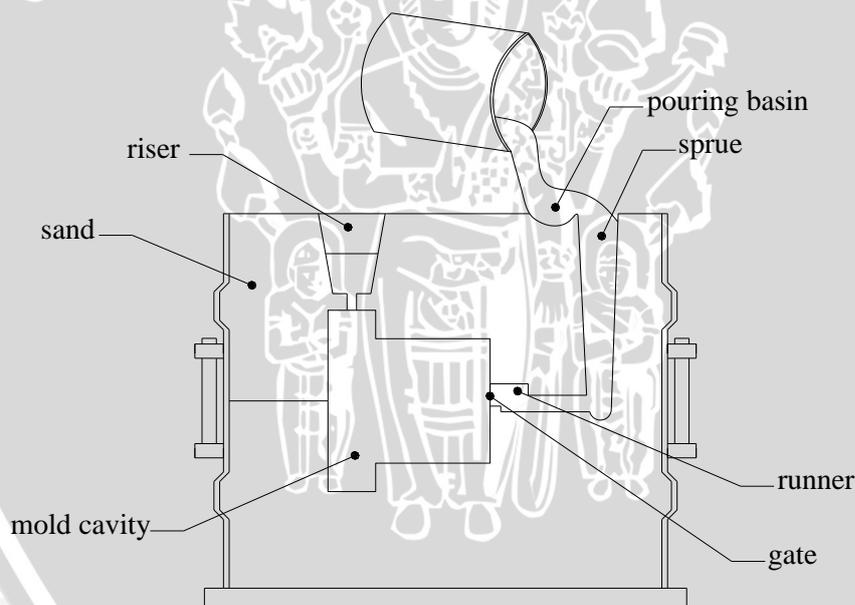
2. *Permanent mold casting*

Permanent mold casting adalah cetakan yang bisa dipakai berulang kali dan bahannya terbuat dari baja atau logam tahan panas. Dengan cetakan ini dihasilkan permukaan produk cor yang halus.

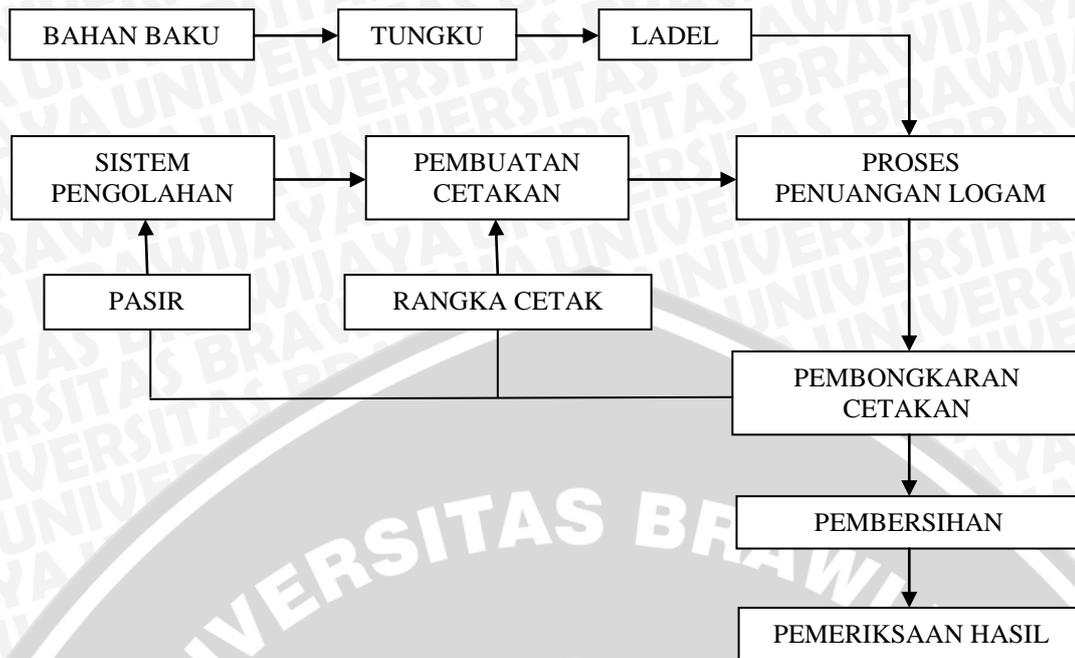
2.4 Pengecoran Cetakan Pasir

Prinsip dasar pengecoran logam adalah meleburkan logam hingga mencair kemudian memasukkan logam ke dalam cetakan. Cairan logam tersebut akan menyesuaikan dengan bentuk rongga cetakan sehingga didapatkan bentuk yang sesuai dengan cetakan setelah cairan logam tersebut membeku. Gambar cetakan pasir bisa dilihat pada Gambar 2.4.

Pengertian dari pengecoran adalah proses pembuatan produk yang dimulai dari penuangan logam cair ke dalam rongga cetakan kemudian dibiarkan selama beberapa saat untuk proses pembekuan. Pengecoran ini menggunakan cetakan yang terbuat dari pasir dimana cetakan pasir ini hanya dapat digunakan sekali. Setelah logam cair yang dituang ke dalam rongga cetakan pasir membeku maka cetakan pasir dibongkar. Urutan proses pengecoran pada Gambar 2.5 meliputi: pembuatan cetakan, persiapan dan peleburan logam, penuangan logam cair ke dalam cetakan, pembersihan coran dan proses daur ulang pasir cetak.



Gambar 2.4 Cetakan pasir.
Sumber: Gantara (2011:7).



Gambar 2.5 Aliran proses pada pembuatan coran.
Sumber: Surdia (1986:3).

Pasir cetak yang umum digunakan adalah pasir gunung, pasir pantai, pasir sungai, dan pasir silika. Beberapa dari pasir tersebut dipakai begitu saja dan yang lain dipakai begitu saja dan yang lain dipakai setelah dipecah menjadi butir-butir dengan ukuran yang cocok. Pasir gunung umumnya digali dari lapisan tua. Pasir ini mengandung lempung dan kebanyakan dipakai setelah dicampur air. Pasir dengan kadar lempung 10 – sampai 20 % dapat dipakai begitu saja. Pasir dengan kadar lempung kurang dari itu mempunyai adhesi yang lemah dan baru dapat dipakai setelah ditambahkan persentase lempung secukupnya. Pasir pantai, pasir kali, pasir silika alam dan pasir silika buatan tidak melekat dengan sendirinya. Oleh karena itu dibutuhkan pengikat untuk mengikat butir-butirnya satu sama lain dan baru dapat digunakan setelah pencampuran.

Pasir cetak memerlukan sifat-sifat yang memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- Mempunyai sifat mampu bentuk sehingga mudah dalam pembuatan cetakan dengan kekuatan yang cocok. Cetakan yang dihasilkan harus kuat sehingga tidak rusak karena dipindah-pindah dan dapat menahan logam cair waktu dituang kedalamnya. Karena itu kekuatannya pada temperatur kamar dan kekuatan panasnya sangat diperlukan.

- Permeabilitas yang cocok. Permeabilitas yang buruk dapat menyebabkan hasil coran mempunyai cacat seperti rongga penyusutan, gelembung gas atau kekasaran permukaan, kecuali jika udara atau gas yang terjadi dalam cetakan waktu penuangan disalurkan melalui rongga-rongga di antara butir-butir pasir keluar dari cetakan dengan kecepatan yang cocok.
- Distribusi besar butir yang cocok. Permukaan coran diperhalus kalau coran dibuat di dalam cetakan yang berbutir halus.
- Tahan terhadap temperatur logam yang dituang. Temperatur penuangan yang biasa untuk bermacam-macam coran dinyatakan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Temperatur penuangan untuk berbagai coran

Macam coran	Temperatur penuangan (°C)
Paduan ringan	650-750
Brons	1100-1250
Kuningan	950-1100
Besi cor	1250-1450
Baja cor	1500-1550

Sumber: Surdia (1986:109)

Coran paduan ringan adalah coran paduan Aluminium, coran paduan Magnesium dan sebagainya. Aluminium murni mempunyai sifat mampu cor dan sifat mekanis yang jelek. Oleh karena itu dipergunakan paduan Aluminium dengan penambahan Tembaga, Silikon, Magnesium, Mangan, Nikel dan lain-lain.

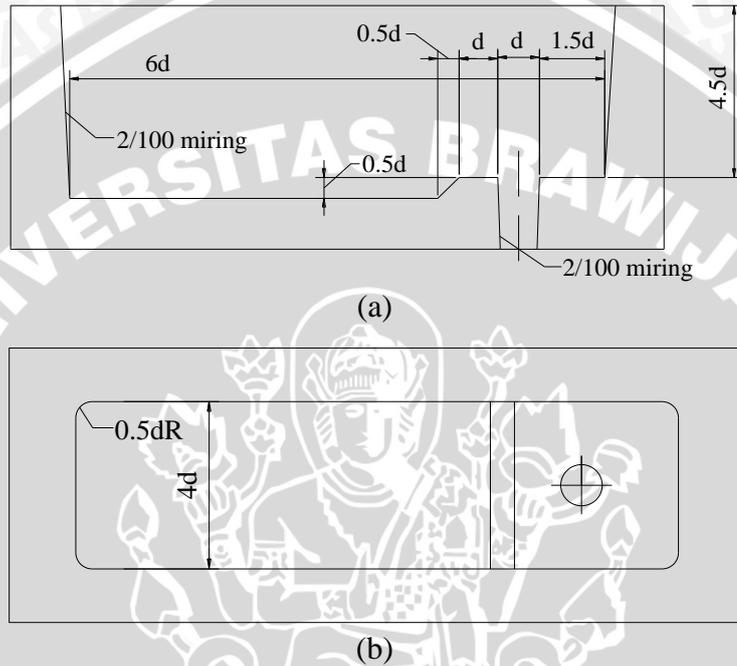
- Komposisi yang cocok. Butir pasir bersentuhan dengan logam yang dituang mengalami peristiwa kimia dan fisika karena logam cair mempunyai temperatur yang tinggi. Bahan-bahan yang tercampur yang mungkin menghasilkan gas atau larut dalam logam adalah tidak dikehendaki.
- Mampu dipakai lagi. Pasir harus mampu dipakai berulang-ulang supaya ekonomis.

2.5 Sistem Saluran Pengecoran Cetakan Pasir

Sistem saluran adalah jalan masuk logam cair menuju ke rongga cetakan. Sistem saluran pada pengecoran terdiri dari:

- Cawan tuang (*pouring basin*)

Cawan tuang bertujuan untuk membantu sistem aliran cairan logam untuk mengalir sebaik mungkin. Gambar 2.6 memperlihatkan dimensi *pouring basin* diusahakan berukuran besar dan ditempatkan cukup dekat dengan tepi kerangka cetak, agar proses penuangannya berlangsung cepat. Pada saat dilakukan penuangan, cawan tuang diusahakan selalu dipertahankan penuh agar logam cair masuk secara merata ke rongga cetakan.



Gambar 2.6 (a) *Pouring Basin* tampak samping dan (b) *Pouring Basin* tampak samping .
 Sumber: Surdia (1986:66).

Salah satu tujuan seperti yang disebutkan sebelumnya adalah untuk mengisi cetakan dalam waktu terkecil. Waktu untuk mengisi lengkap dari sebuah cetakan disebut sebagai menuangkan waktu, merupakan kriteria yang sangat penting untuk desain. Sedangkan waktu penuangan (*pouring time*) dapat dihitung dengan:

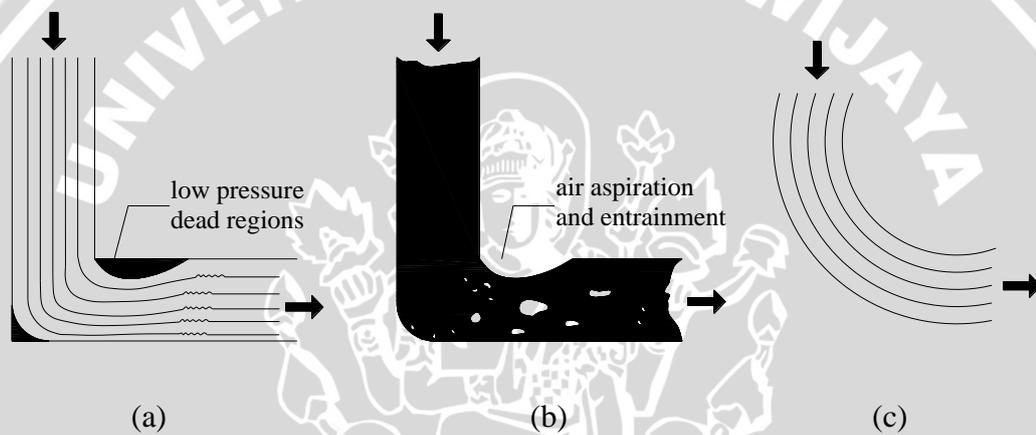
$$\text{Mass of casting (} W \text{)} = V_{\text{casting}} \times 2,7 \cdot 10^{-6} \quad (\text{Rao, 1990}) \dots \dots \dots (2.1)$$

$$\text{Pouring time (} t \text{)} = 1.80 \times \sqrt[3]{W} \quad (\text{Rao, 1990}) \dots \dots \dots (2.2)$$

- Saluran Turun (*sprue*)

Merupakan saluran vertikal yang melalui cetakan bagian atas (*cope*) pada cetakan pasir yang berfungsi untuk menyalurkan logam cair dari cawan tempat penuangan logam cair ke bagian bawah. Bentuk *sprue* harus tirus kebawah dan dasar *sprue* lebih besar dan lebih dalam dari pada runner dengan tujuan untuk menghindari

terjadinya aspirasi gas. *Sprue* berbentuk tirus bertujuan untuk menjaga keseimbangan aliran agar tidak jatuh bebas. Ukuran *sprue* harus memenuhi kondisi tertentu, *sprue* harus cukup kecil untuk mempertahankan *sprue* terisi penuh cairan logam selama proses penuangan. Selain itu juga untuk menjamin aliran cairan logam memasuki rongga cetakan tanpa menimbulkan turbulensi maupun pusaran seperti pada Gambar 2.7. Pada saat yang sama, ukuran *sprue* harus cukup besar untuk menjamin rongga cetakan terisi penuh tanpa menimbulkan terjadinya aspirasi gas. Perubahan penampang pada saluran turun akan menimbulkan daerah yang bertekanan rendah dan menimbulkan turbulensi yang dapat mengakibatkan terjadinya cacat. Perubahan pada saluran turun sebaiknya dilakukan bertahap.



Gambar 2.7 (a) dan (b) turbulensi akibat perubahan sudut. (c) sudut yang *streamline* dapat meminimalkan turbulensi dan kerusakan.

Sumber: ASM (1988:1287).

Tinggi *effective sprue* H, tergantung pada dimensi cetakan dan jenis *gating* yang digunakan. Tinggi *effective sprue* dapat dihitung dengan menggunakan hubungan berikut pada Gambar 2.8 (Rao, 1990).

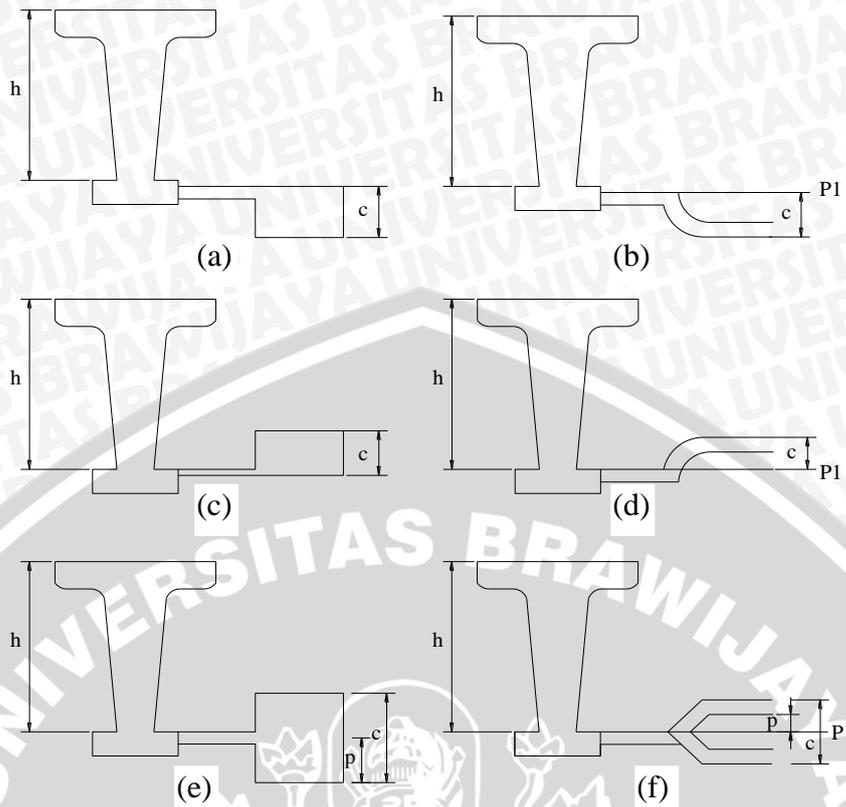
$$\text{Top gate} \quad H = h \quad \dots\dots\dots(2.3.1)$$

$$\text{Bottom gate} \quad H = h - \frac{c}{2} \quad \dots\dots\dots(2.3.2)$$

$$\text{Parting gate} \quad H = h - \frac{p^2}{2c} \quad \dots\dots\dots(2.3.3)$$

Nilai dari h, P dan c ditunjukkan pada Gambar 2.8 berdasarkan variasi tipe *gating* yang dipakai dalam pembuatan sistem saluran. Pada Gambar 2.8 dapat dilihat jenis *top gate* yaitu Gambar 2.8 (a) dan (d), jenis *bottom gate* yaitu Gambar 2.8 (b) dan (c), sedangkan jenis *parting gate* yaitu Gambar 2.8 (e) dan (f).





Gambar 2.8 Variasi tipe gating.

Sumber: Rao (1990:142).

Untuk menentukan dimensi *sprue* bagian atas pada *pouring basin* menggunakan perbandingan tinggi *sprue* dan diameter bawah *sprue* (Rao, 1990:146).

$$A_t = A_c \sqrt{\frac{h_t}{h}} \dots\dots\dots(2.4)$$

A_t = diameter atas *sprue*

A_c = diameter bawah *sprue*

$h_t = h + H$

h = tinggi saluran turun

Untuk berat coran yang kurang dari 10 kg standar diameter bawah *sprue* adalah 13 mm (Surdia, 1986:78).

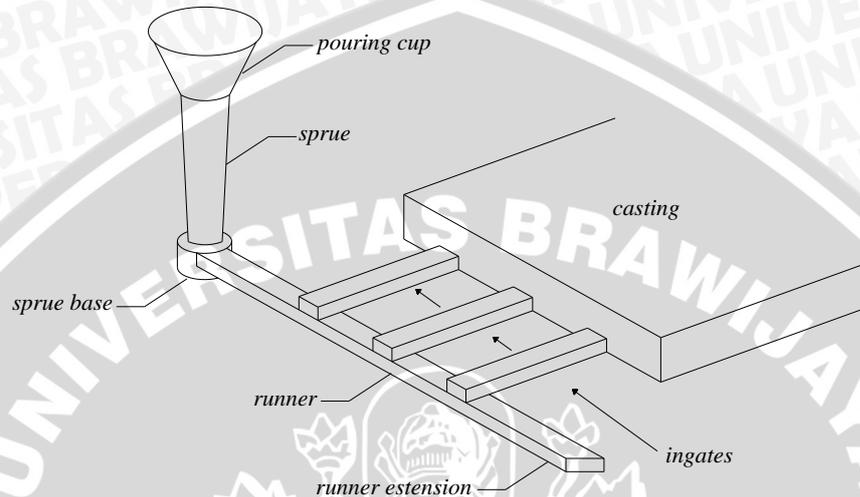
Aliran logam setelah dituang melewati *sprue* akan memiliki energi yang besar dan akan terjadi turbulensi akibat arah aliran yang berubah. Oleh karena itu perlu tambahan *sprue base* sehingga kecepatan dan turbulensi dapat dikurangi secara efektif.

- *Runner*

Runner digunakan untuk menghubungkan bagian dasar *sprue* dengan *gate*.

- Saluran masuk (*ingate*)

Merupakan tempat masuknya logam cair menuju ke dalam rongga cetakan pasir. Lokasi dan ukuran *gate* direncanakan sebaik mungkin sehingga cairan logam dapat masuk kerongga cetak secepat mungkin. Secara keseluruhan sistem saluran dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Sistem saluran pada pengecoran.
Sumber: ASM (1988:1281).

2.6 Riser

Riser adalah sistem saluran yang berfungsi untuk menampung kelebihan logam cair, sebagai cadangan bila terjadi penyusutan dan juga berfungsi sebagai pemberat dan pengumpan untuk menyuplai cairan logam kepada produk cor. *Riser* memberi logam cair yang mengimbangi penyusutan dalam pembekuan dari coran, sehingga ia harus membeku lebih lambat dari coran. Bentuk *riser* berupa potongan lubang yang berada pada atas (*cope*) dan biasanya berbentuk silinder (Surdia, 1986).

Syarat utama *riser* yang efektif, yaitu:

- Volume cukup sampai bagian terakhir produk cor yang akan membeku.
- Ukuran dan bentuk *riser* harus sesuai sehingga *riser* membeku lebih lama dari coran.
- *Riser* mampu mengatasi perbedaan temperatur sehingga arah pembekuan tetap mengarah ke arah *riser*.

Ada beberapa metode untuk mendapatkan ukuran optimum *riser* diantaranya adalah *modulus method* (Rao, 1990). Modulus dari *riser* harus melebihi modulus dari *casting* sehingga selama proses pembekuan hasilnya akan baik. Modulus dari *casting*

(M_c) dapat dihitung dengan membagi volume *casting* dan luas *casting* sedangkan untuk mendapatkan diameter *riser* digunakan rumus:

$$\text{Modulus Riser } (M_r) = 0.2 \cdot D \tag{2.5}$$

dimana D = diameter riser

$$\text{Modulus Casting } (M_c) = \frac{\text{casting volume}}{\text{casting area}} \tag{2.6}$$

karena: $M_r = 1.2 \cdot M_c$

$$\text{Diameter riser } D = 6 \cdot M_c \tag{2.7}$$

2.7 Gating Ratio

Gating ratio adalah perbandingan luas penampang alir dari *sprue*, *runner* dan *ingate* dan secara umum dapat di tulis sebagai *sprue area* : *runner area* : *ingate area*. Untuk menentukan *gating ratio* yang dipakai harus mempertimbangkan jenis bahan coran yang akan dipakai, karena hal ini sangat berkaitan erat dengan tingkat kemampuan alir logam coran. Dalam menentukan *gating ratio* secara umum dapat dilihat pada Tabel 2.2 yang berisi tentang rekomendasi *gating ratio* berdasarkan jenis logam.

Tabel 2.2 Penggunaan *gating ratio*

Jenis Logam	<i>Gating Ratio</i>		
Aluminium	1	: 2	: 1
	1	: 1.2	: 2
	1	: 2	: 4
	1	: 3	: 3
	1	: 4	: 4
	1	: 6	: 6
<i>Aluminium bronze</i>	1	: 2.88	: 4.8
<i>Brass</i>	1	: 1	: 1
	1	: 1	: 3
	1.6	: 1.3	: 1
<i>Copper</i>	2	: 8	: 1
	3	: 9	: 1
<i>Ductile iron</i>	1.15	: 1.1	: 1
	1.25	: 1.13	: 1
	1.33	: 2.67	: 1
<i>Grey cast iron</i>	1	: 1.3	: 1,1
	1	: 4	: 4
	1.4	: 1.2	: 1
	2	: 1.5	: 1
	2	: 1.8	: 1
	4	: 3	: 1

Sumber: Rao (1990:150)

2.8 Aliran Fluida

Ada bermacam-macam aliran fluida diantaranya adalah aliran laminar dan turbulen. Pertama kali dilihat oleh Osborn Reynolds pada tahun 1883. Reynolds melakukan percobaan menyemprotkan zat pewarna yang mempunyai densitas yang sama ke dalam air yang mengalir ke dalam tangki. Ketika suatu kecepatan di dalam tabung memperlihatkan bahwa partikel-partikel zat warna dalam garis-garis lurus, hal ini menunjukkan bahwa partikel air mengalir dalam keadaan sejajar dan lurus. Tetapi begitu kecepatan dinaikkan maka bentuk aliran menjadi berubah. Untuk suatu kasus normal dari suatu aliran yang mengalir dalam pipa lurus yang diameternya *uniform* dan kekasarannya normal maka aliran tetap dalam kondisi laminar pada angka *Reynolds* di bawah 2000. Lebih dari itu aliran akan menjadi turbulen (Orianto, 1989:28).

2.9 Aluminium

Aluminium merupakan salah satu logam yang memiliki banyak sekali keunggulan. Aluminium sangat ringan, beratnya hanya 1/3 baja, tembaga atau kuningan. Aluminium memiliki kekuatan yang baik, bahkan beberapa Aluminium paduan kekuatannya melebihi baja. Aluminium memiliki ketahanan terhadap korosi yang sangat baik, mampu melawan pengaruh korosi dari elemen-elemen di atmosfer, air (termasuk air garam), oli dan bahan kimia lainnya. Memiliki konduktivitas termal yang tinggi, konduktivitas listrik dan panas yang baik. Aluminium tidak bersifat magnet, tidak beracun sehingga aman digunakan untuk peralatan dan industri makanan.

2.9.1 Sifat Fisik Aluminium

Aluminium memiliki beberapa sifat fisik, diantaranya adalah sebagai berikut:

Tabel 2.3 Sifat-sifat fisik Aluminium

Sifat-sifat	Kemurnian Al (%)	
	99.99	>99.99
Massa jenis (Kg / dm^3) (20°C)	2.6989	2.71
Titik cair ($^{\circ}\text{C}$)	660.2	653 – 657
Panas jenis ($\text{Cal/g.}^{\circ}\text{C}$) (100°C)	0.2226	0.2297
Hantaran listrik (%)	64.91	59 (dianil)
Tahanan listrik koefisien temperatur ($/^{\circ}\text{C}$)	0.00429	0.0115
Koefisien pemuaian ($\text{M} / ^{\circ}\text{C}$) ($20\text{-}100^{\circ}\text{C}$)	23.86×10^6	23.5×10^6
Jenis kristal, Konstanta kisi	$Fcc, \alpha = 4.013 \text{ kX}$	$Fcc, \alpha = 4.04 \text{ Kx}$

Sumber: Surdia dan Saito (1985:134)

2.9.2 Pengaruh Unsur–unsur Paduan

Unsur-unsur pemuatan Aluminium antara lain:

- Silikon (Si)

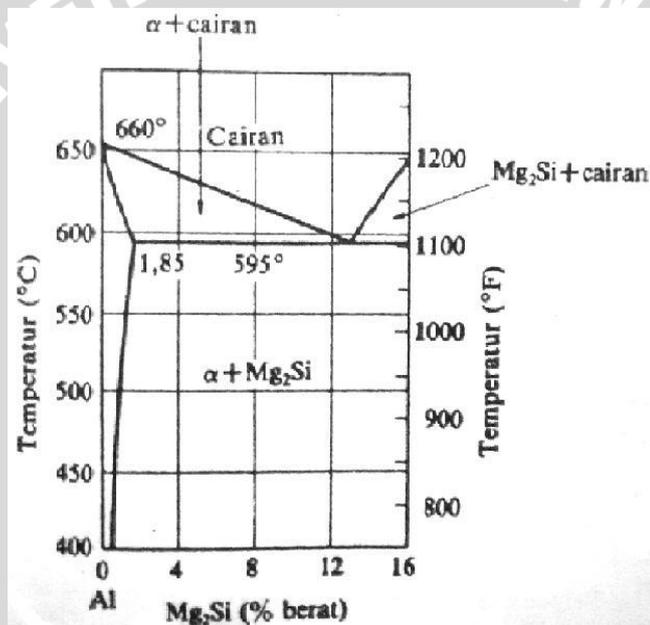
Silikon adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Si dan nomor atom 14. Silikon merupakan unsur terbanyak kedua di bumi. Silikon mampu meningkatkan sifat mampu cor. Dalam hal ini yang mampu diperbaiki adalah cara mengurangi penyusutan coran sampai 1.5 kali Aluminium murni, mengurangi penyerapan gas dalam pengecoran dan meningkatkan mampu alirnya. Selain itu dapat meningkatkan ketahanan korosi. Namun, Silikon mempunyai pengaruh buruk yaitu menurunkan sifat mampu mesinnya.

- Magnesium (Mg)

Magnesium adalah unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki simbol Mg dan nomor atom 12 serta berat atom 24.31. Magnesium adalah elemen terbanyak kedelapan yang membentuk 2% berat kulit bumi, serta merupakan unsur terlarut ketiga terbanyak pada air laut. Logam alkali tanah ini terutama digunakan sebagai zat campuran untuk membuat campuran Aluminium-Magnesium yang sering disebut "Magnalium" atau "Magnelium". Penambahan unsur Magnesium

digunakan untuk meningkatkan ketahanan korosi Aluminium. Apabila dipadukan dengan Silikon maka daya tahannya akan meningkat, selain itu Mg juga akan meningkatkan sifat mampu bentuk dan mampu mesin Aluminium tanpa menurunkan keuletannya.

Kalau sedikit Mg ditambahkan kepada Al, pengerasan penuangan sangat jarang terjadi, tetapi apabila secara simultan mengandung Si, maka dapat dikeraskan dengan penuangan panas setelah perlakuan pelarutan. Hal ini disebabkan karena senyawa Mg_2Si berkelakuan sebagai komponen murni dan membuat keseimbangan dari sistem biner semu dengan Al. Gambar 2.10 menunjukkan diagram fasa paduan Al-Mg-Si, yang berasal dari kelarutan yang menurun dari Mg_2Si terhadap larutan padat Al dari temperatur yang tinggi ke temperatur yang lebih rendah.



Gambar 2.10 Diagram fasa paduan Al-Mg₂Si.
Sumber: Surdia (1985:139).

Sampai tahun 1970, sebutan paduan Aluminium tempa berantakan. Di banyak negara, pengelompokannya hanya sesuai nomor dalam urutan perkembangan di negara masing-masing. *International Alloy Designation System* (iAds) diperkenalkan pada tahun 1970 dan sekarang telah diterima secara luas, menggunakan klasifikasi yang dikembangkan oleh *Aluminium Association of the United States*.

Angka pertama menunjuk paduan utama

1XXX	Al murni komersial (>99% Al)	Tidak bisa diperlakukan panas
2XXX	Al-Cu dan Al-Cu-Li	Bisa diperlakukan panas
3XXX	Al-Mn	Tidak bisa diperlakukan panas

4XXX	Al-Si dan Al-Mg-Si	Bisa diperlakukan panas jika mengandung Mg
5XXX	Al-Mg	Tidak bisa diperlakukan panas
6XXX	Al-Mg-Si	Bisa diperlakukan panas
7XXX	Al-Mg-Zn	Bisa diperlakukan panas
8XXX	Al-Li, Sn, Zr, B, Fe atau Cr	Sebagian besar bisa diperlakukan panas

Angka kedua menunjuk kemurnian dari Aluminium dan kontrol pabrik

- o Angka "0" berarti menunjukkan bahwa tidak ada kendali dari pabrik
- o Angka "1" sampai "9" menunjukkan tingkat kontrol yang berbeda di pabrik. Kontrol ini terdaftar pada iAds.

Angka ketiga dan keempat memiliki dua makna.

- o Jika Aluminium merupakan 1xxx maka dua digit terakhir menunjukkan jumlah Aluminium di atas 99%. Sebagai contoh 1025 menandakan Aluminium non-paduan yang memiliki komposisi Aluminium murni 99.25% dengan sisa kotoran yang tidak terkendali 0.75%.
- o Jika Aluminium adalah selain 1xxx dua digit terakhir terdaftar dengan iAds dan tidak bermakna sebaliknya.

Aluminium 6061 merupakan paduan Magnesium dan Silikon. Ini adalah bahan yang paling umum untuk ekstrusi dan paling serbaguna untuk diberikan heat-treatment. Jenis 6061 merupakan kualitas yang baik dari Aluminium paduan, memiliki sifat mekanik yang baik dan ketahanan korosi yang baik. Aplikasi meliputi berbagai macam produk, misalnya badan *dump truck*, gerbong kereta api dan sekrup bagian-bagian mesin ataupun komponen struktural serta beberapa aplikasi peralatan di laut.

2.10 Pembekuan Logam

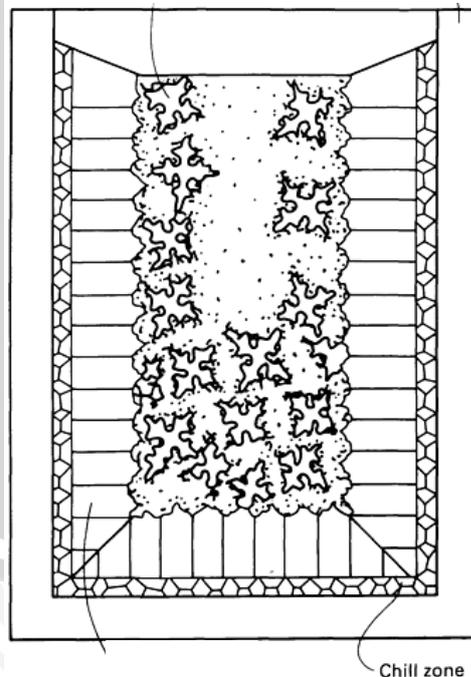
Pembekuan logam dimulai dari logam yang bersentuhan dengan cetakan, yaitu ketika panas dari logam cair diambil oleh cetakan sehingga bagian logam yang bersentuhan dengan cetakan itu mendingin sampai titik beku, dimana kemudian inti-inti kristal tumbuh. Bagian dalam dari coran mendingin lebih lambat daripada bagian luar (Gambar 2.11). Sehingga kristal-kristal tumbuh dari inti mengarah ke bagian dalam coran dan butir-butir kristal tersebut berbentuk panjang-panjang seperti kolom. Struktur tersebut muncul dengan jelas apabila gradien temperatur yang besar terjadi pada

permukaan coran, sebaliknya pada gradien temperatur yang kecil, struktur yang terbentuk tidak jelas. Bagian tengah coran memiliki gradien yang kecil sehingga merupakan susunan dari butir-butir kristal segi banyak dengan orientasi sembarang.

Umumnya ada tiga daerah yang bisa ditemui pada pembekuan logam coran, antara lain:

- Daerah Pembekuan Cepat (*Chill Zone*)

Daerah ini berada paling luar yang mana lebih dipengaruhi oleh *heat removal*. Struktur ini terbentuk pada kontak pertama antara dinding cetakan dengan *melt* pada saat dituang ke dalam cetakan. Dibawah suhu lebur beberapa inti terbentuk dan tumbuh ke dalam cairan. Suhu cetakan yang mulai naik memungkinkan kristal yang membeku menyebar meninggalkan dinding karena pengaruh aliran cairan. Dan apabila suhu penuangan yang cukup tinggi dimana cairan yang berada tengah-tengah coran tetap diatas temperatur leburnya sehingga dapat menyebabkan kristal yang dekat dengan daerah tersebut mencair lagi meninggalkan dinding cetakan. Hanya kristal yang berada pada dinding cetakan yang tumbuh menjadi *chill zone*.

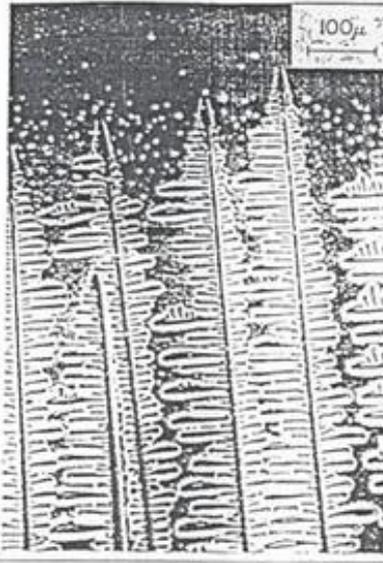


Gambar 2.11 Daerah pembekuan cepat (*Chill Zone*).
Sumber: ASM (1988:254).

- *Columnar Zone*

Columnar zone merupakan struktur yang tumbuh setelah gradien suhu pada dinding cetakan turun dan kristal pada *chill zone* tumbuh secara dendritik dengan arah yang tegak lurus dengan dinding cetakan. Batas permukaan antara struktur kolumnar dengan cairan dapat berbentuk selular maupun selular dendritik.

Columnar Zone dapat dilihat pada Gambar2.12.

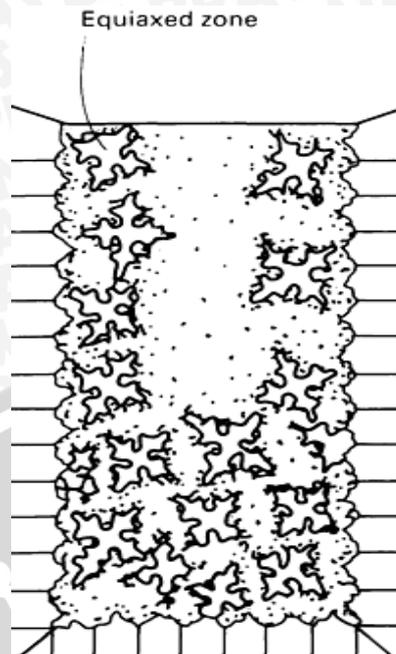


Dendrit Columnar

Gambar 2.12 *Columnar zone*.
Sumber: ASM (1988:254).

- *Equiaxed Zone*

Struktur ini terdiri dari butiran yang bersumbu sama yang arah acak. Asal dari butiran ini adalah mencairnya kembali lengan dendrit. Bila suhu di sekitar masih tinggi, setelah cabang dendrit tersebut terlepas dari induknya dan tumbuh menjadi dendrit yang baru. *Equiaxed Zone* dapat dilihat pada Gambar2.13.



Gambar 2.13 *Equiaxed zone*.
Sumber: ASM (1988:254).

2.11 Cacat Penyusutan Hasil Coran

Cacat akibat penyusutan terjadi sebagian atau keseluruhan (*contraction defects occurring mainly or wholly after solidification*). Cacat penyusutan timbul disebabkan kegagalan menggantikan kekurangan cairan logam akibat penyusutan. Kejadian ini biasanya merupakan gejala ketidaktepatan sistem saluran dan teknik pengumpanan. Selain itu, cacat ini juga bisa disebabkan temperatur tuang terlalu tinggi. Cacat ini dapat dikurangi dengan mendesain sistem saluran sedemikian hingga pembekuan terarah (*directional solidification*) dapat tercapai. Cacat penyusutan biasanya sering terjadi pada bagian yang mengalami perubahan penampang secara drastis, jaraknya terlalu jauh dari *riser* atau penampang yang terlalu tipis. Untuk itu *riser* lebih diutamakan ditempatkan pada bagian-bagian dari produk coran yang diprediksi akan mengalami cacat penyusutan.

Penyebab adanya cacat penyusutan antara lain:

- Perbedaan ketebalan benda cor yang terlalu besar
- Terdapatnya bagian tebal yang tidak dapat dialiri logam cair secara utuh
- Saluran masuk dan penambah tidak mendukung adanya solidifikasi progresif
- Saluran masuk dan penambah yang kurang banyak
- Saluran masuk dan penambah yang salah dalam peletakkannya

Cacat penyusutan volume produk dapat dihitung dengan mengurangi volume desain dengan volume hasil coran, sehingga akan diperoleh volume hasil coran yang tidak diisi oleh logam secara menyeluruh ketika proses penuangan logam. Sedangkan volume hasil coran dapat dihitung dari massa hasil cor dibagi dengan berat jenis produk hasil coran.

2.12 Pengujian Porositas

2.12.1 Porositas pada Pengecoran Logam

Porositas dapat terjadi karena terjebaknya gelembung-gelembung gas pada logam cair ketika dituangkan ke dalam cetakan (Budinski, 1996:460). Porositas pada produk cor dapat menurunkan kualitas benda tuang. Salah satu penyebab terjadinya porositas pada penuangan logam adalah gas hidrogen. Porositas oleh gas hidrogen dalam benda cetak paduan aluminium akan memberikan pengaruh yang buruk pada kekuatan, serta kesempurnaan dari benda tuang tersebut. Penyebabnya antara lain kontrol yang kurang sempurna terhadap absorpsi gas dengan logam selama peleburan dan penuangan.

Faktor-faktor penting yang berhubungan dengan pembentukan porositas gas antara lain ialah:

- Unsur-unsur gas atau sumber gas yang terkandung dalam paduan
- Teknik dan kondisi peleburan
- Teknik atau cara pengeluaran gas dari logam cair
- Temperatur logam cair
- Uap air dalam udara
- Permeabilitas cetakan
- Uap air yang terkandung dalam cetakan
- Sumber-sumber gas yang terkandung dalam cetakan
- Bentuk saluran penuangan ataupun kecepatan penuangan

Pada proses penuangan, hidrogen yang larut selama peleburan akan tertinggal setelah proses pembekuan karena kelarutannya pada fase cair lebih tinggi dari pada fase padat. Gas dikeluarkan dari larutan akan terperangkap pada struktur padat. Gas tersebut bernuklasi pada cairan selama pembekuan dan diantara fase padat-cair.

2.12.2 Jenis – jenis Porositas pada Pengecoran Logam

Ada dua sumber utama dari porositas dalam logam cor. Pertama, porositas rongga (*cavity porosity*) adalah dalam kaitannya dengan penuangan yang tidak tepat. Kedua, porositas mikro (*microporosity*) adalah hasil dari solidifikasi dalam beberapa paduan.

- *Cavity Porosity* (Porositas rongga)

Porositas rongga diakibatkan oleh penuangan tidak tepat dan mungkin saja dihilangkan oleh desain *gating system* yang tepat

- *Microporosity* (Porositas mikro)

Porositas mikro adalah suatu hasil yang tidak bisa dipisahkan dari sifat pembekuan dari struktur dendritik, dan mungkin saja menyajikan hal yang sama dengan desain *gating system* yang sesuai.

Dua jenis karakteristik porositas mikro yang pertama porositas mikro yang disebarkan dengan seragam ke seluruh bagian, disebut dengan porositas mikro tersebar (*dispersed microporosity*). Di dalam jenis yang kedua yang disebarkan dalam lapisan-lapisan pertemuan bagian, disebut dengan porositas mikro lapisan (*layer microporosity*). Dikarenakan pori-pori ini dimulai dari lokasi interdendritik mungkin diharapkan menjadi sungguh kecil. Ukuran khas 5-10 μm untuk pori-pori di dalam butir *equiaxed*. Ukuran ini sangat kecil bahkan pori-pori kadang-kadang sulit untuk dideteksi.

2.12.3 Densitas

Densitas (simbol: ρ – Greek: rho) adalah sebuah ukuran massa per volume. Rata-rata kepadatan dari suatu obyek yang sama massa totalnya dibagi oleh volume totalnya (ASTM Standar B311).

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \dots\dots\dots(2-5)$$

Keterangan:

ρ = kepadatan sebuah benda (g/cm^3)

m = massa total benda (g)

V = volume benda (cm^3)

2.12.3.1 Macam Densitas

Di dalam pengukuran persentase porositas yang terdapat dalam suatu coran digunakan perbandingan dua buah densitas yaitu *True density* dan *Apparent Density*.

- *True Density*

Kepadatan dari sebuah benda padat tanpa porositas yang terdapat di dalamnya. Didefinisikan sebagai perbandingan massanya terhadap volume sebenarnya (g/cm^3).

persamaan yang ada pada standar ASTM E252-84 yaitu:

$$\rho_{th} = \frac{100}{\{(\%Al/\rho_{Al})+(\%Cu/\rho_{Cu})+(\%Fe/\rho_{Fe})+\text{etc.}\}} \dots\dots\dots(2-6)$$

Dengan:

ρ_{th} = Densitas teoritis atau *True Density* (g/cm^3).

$\rho_{Al}, \rho_{Cu}, \rho_{Fe}, \text{etc}$ = Densitas unsur (g/cm^3).

%Al, %Cu, etc = Persentase berat unsur (%).

- *Apparent Density*

Berat setiap unit volume material termasuk cacat (*void*) yang terdapat dalam material yang diuji (g/cm^3). Standar ASTM B311-93 sebagaimana berikut:

$$\rho_s = \rho_w \frac{W_s}{W_s - (W_{sb} - W_b)} \dots\dots\dots(2-7)$$

Dengan:

ρ_s = Densitas sampel atau *Apparent Density* (g/cm^3)

ρ_w = Densitas air (g/cm^3)

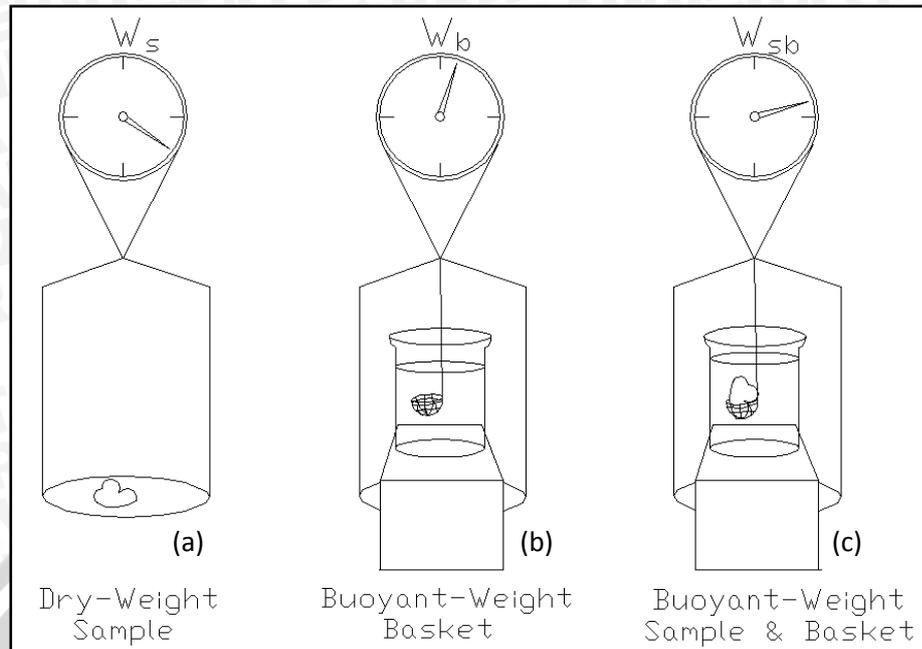
W_s = Berat sampel di luar air (g)

W_{sb} = Berat sampel dan keranjang di dalam air (g)

W_b = Berat keranjang di dalam air (g)

2.12.3.2 Pengukuran Densitas Menggunakan Metode Piknometri

Piknometri adalah sebuah proses membandingkan densitas relatif dari sebuah padatan dan sebuah cairan. Jika densitas dari cairan diketahui, densitas dari padatan dapat dihitung. Proses dapat digambarkan secara skematik dalam Gambar 2.14.



Gambar 2.14 Skema Piknometri.
Sumber: Taylor (2000).

Tiga pengukuran berat yang dibuat adalah W_s = pengukuran berat kering (*dry weight*), W_{sb} = pengukuran berat apung keranjang dan sampel, dan W_b = pengukuran berat apung keranjang. Pada Gambar 2.14, pengukuran berat apung dibuat dengan menggantungkan sampel menggunakan suatu keranjang kawat dalam sebuah bejana berisi cairan yang disangga oleh sebuah penyeimbang yang menggunakan kawat penggantung.

2.12.4 Perhitungan Porositas

Perhitungan persentase porositas yang terjadi dapat diketahui dengan membandingkan densitas sampel atau *apparent density* dengan densitas teoritis atau *true density* (Taylor, 2000), yaitu:

$$\% P = \left(1 - \frac{\rho_s}{\rho_{th}}\right) \times 100\% \quad \dots\dots\dots(2-8)$$

Dengan:

$\%P$ = Persentase porositas (%)

ρ_s = Densitas sampel atau *Apparent Density* (g/cm^3).

ρ_{th} = Densitas teoritis atau *True Density* (g/cm^3).

2.13 Hipotesis

Dengan jumlah *ingate* semakin banyak maka porositas yang terjadi akan semakin kecil, hal ini disebabkan karena aliran logam cair mengisi rongga cetakan secara merata. Jumlah *ingate* semakin banyak menyebabkan cacat penyusutan volume produk akan semakin besar akibat semakin bertambahnya panjang dari sistem saluran.

