

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Dalam penelitian tugas akhir dibutuhkan sesuai penelitian terlebih dahulu, untuk dijadikan sebuah referensi untuk diobservasi. Berikut ini merupakan beberapa referensi yang berkaitan.

Praba Apriliyanto dkk, (2014) Sand casting, komposisi paduan, waktu peleburan, waktu pendinginan, kekasaran dan kekerasan permukaan. Pengecoran logam dapat diartikan proses dari logam yang dicairkan, dituangkan ke dalam cetakan, kemudian dibiarkan dingin dan membeku. Untuk mendapatkan hasil pengecoran dengan tingkat kekasaran dan kekerasan yang baik dengan proses pengecoran sand casting merupakan salah satu tujuan utama.

Terdapat beberapa faktor yang berpengaruh terhadap hasil dari proses pengerjaan tersebut. Seperti perbedaan komposisi bahan paduan dan waktu peleburan aluminium serta waktu yang diperlukan untuk pendinginan benda kerja pada proses pengecoran sand casting. Dari beberapa faktor yang ada, maka muncul permasalahan bagaimana pengaruh komposisi bahan paduan dan waktu proses peleburan aluminium serta waktu proses pendinginan aluminium terhadap tingkat kekasaran dan kekerasan benda kerja pada proses pengecoran sand casting. Penelitian yang dilakukan ini adalah penelitian eksperimen.

Dalam penelitian ini benda kerja yang digunakan sebanyak 27 buah yang akan mendapatkan perlakuan berbeda dalam proses pengerjaannya, yaitu dengan variasi komposisi bahan paduan aluminium dan waktu proses peleburan aluminium serta waktu proses pendinginan aluminium.

Hadijaya dkk, (2005) Casting, Pengecoran logam, AlMg2 scrap, Solidifikasi, Vibrasi Pengecoran (casting) merupakan salah satu metoda pembentukan logam dengan cara memanaskan logam sampai titik leburnya terlampaui dan dilanjutkan penuangan logam cair sampai terjadi pembekuan.

Dalam proses pengecoran terdapat berbagai fenomena yang berhubungan dengan masalah karakteristik logam yang diinginkan, terutama yang berkaitan dengan peningkatan kekuatan logam produk cor.

Muhammad M Munir dkk, (2014) volume *exothermic riser*, cacat *shrinkage*, aluminium 6061. Proses pengecoran aluminium 6061 dengan metode cetakan pasir sering terjadi cacat pada hasil coran yang salah satunya adalah cacat shrinkage.

Upaya untuk mencegah terjadinya cacat *shrinkage* pada benda coran salah satunya adalah *exothermic riser*. *Exothermic riser* dibuat dari bahan *exothermic* yang dapat mempertahankan panas logam cair yang ada di *riser* sehingga dapat mengisi kekurangan logam cair yang terjadi pada benda cor akibat cacat shrinkage.

Dibutuhkan penelitian tentang pengaruh volume *exothermic riser* untuk mencegah terjadinya cacat shrinkage pada benda kerja hasil coran. Penelitian ini dilakukan dengan Cara simulasi *software finite element* dan eksperimen pengecoran logam aluminium 6061. Benda coran berbentuk kubus, open riser yang berbentuk tabung dan sistem saluran yang digunakan adalah bottom – horizontal gating system. Simulasi dilakukan pada pengecoran tanpa *riser*, *riser* biasa dan *exothermic riser*.

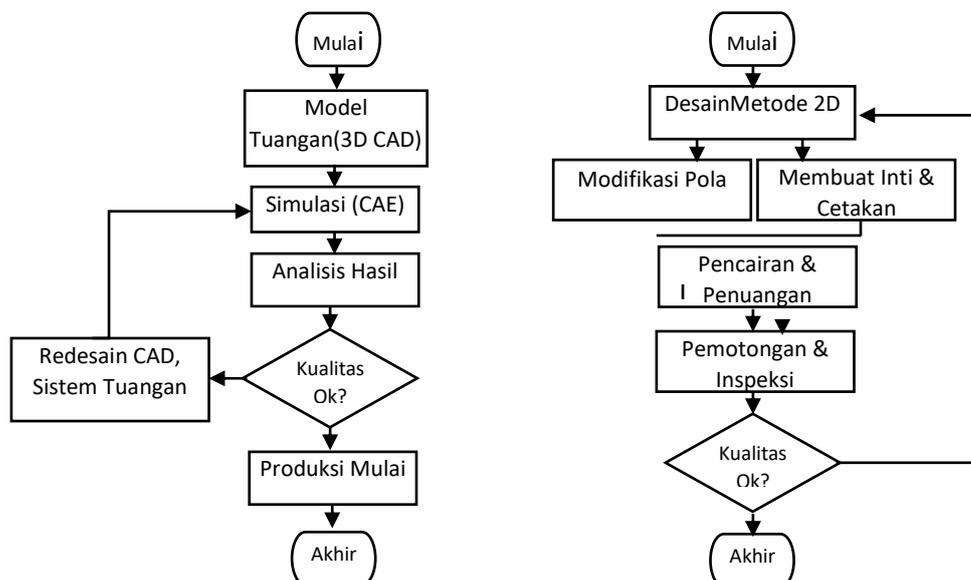
Rizal Mahendra Pratama dkk, (2010) gating system, toroidal piston, sand casting, aluminium alloy 6061, porositas. Proses pengecoran aluminium dengan cetakan pasir harus dilakukan dengan teliti untuk memperoleh produk cor yang berkualitas baik. Namun, beberapa kali dijumpai adanya cacat pada hasil coran, salah satunya adalah porositas.

Salah satu Cara untuk mencegah porositas adalah dengan penggunaan sistem saluran yang tepat. Oleh karena itu, diperlukan adanya suatu penelitian untuk mencari pengaruh variasi sistem saluran yang tepat pada aluminium sand casting terhadap porositas hasil coran. Dalam penelitian ini dilakukan proses pengecoran pasir untuk membuat toroidal piston.

Pola berbentuk toroidal piston, sistem saluran, rangka cetak dan rangka inti terbuat dari kayu dilakukan pada langkah pertama. Langkah kedua menyiapkan pasir cetak dengan komposisi pasir silika (bekas daur ulang 50% + pasir baru 50%), bentonit 7.5% (aktif), dan air 3.5%. Langkah ketiga adalah perakitan cetakan dengan menyusun pola dan sistem saluran ke dalam rangka cetak yang ditimbun dengan pasir cetak hingga dihasilkan rongga cetak.

2.2 Landasan Teori

Program simulasi pengecoran adalah proses meniru fenomena nyata dalam pengecoran cara tradisional/manual menggunakan serangkaian persamaan matematika yang diimplementasikan dalam bentuk program komputer. Grafik aliran proses ditunjukkan pada gambar 2 berikut ini (modifikasi dari Choudharia, et.al. dan Ravi) membandingkan kedua optimasi metode proses pengecoran berbantuan komputer dan metode proses tradisional/manual.



Gambar 2.1. Komparasi Optimasi Metode Komputer dan Manual

Agar aplikasi simulasi pengecoran dapat dioptimalkan maka perlu dirancang sistem *gating* dan *feeder* dari gambar 3 sebagai berikut.

Desain sistem *gating*: tiga parameter dari sistem *gating* dirancang menggunakan pendekatan empiris sebagai berikut.

- **Waktu penuangan (*pouring time*):** waktu (t , detik) yang diperlukan untuk pengisian cetakan adalah $t = \sqrt{W}$ dengan W adalah berat tuangan (kg), sedangkan menurut Rashid $t = S\sqrt{W}$ dengan S adalah *koefisien* berdasarkan tebal dinding coran (tabel berikut ini untuk besi tuang kelabu).

Tabel 2.1 Dinding Coran (mm)

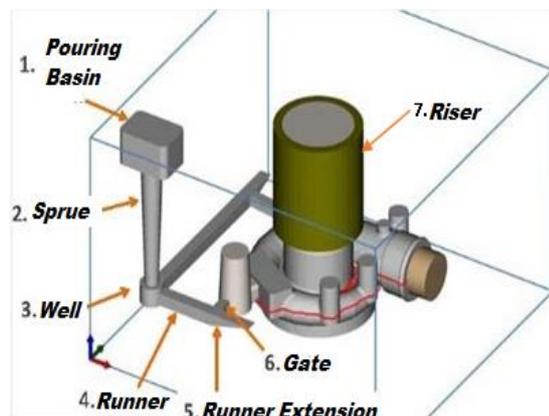
Tebal Dinding Coran (mm)	2,5 – 3,5	3,5 – 8,0	8,0 – 15,0
S	1,63	1,85	2,20

- **Area pengontrol (*area choke*):** adalah area luasan pengontrol (A , m²) agar cetakan telah komplet diisi dalam waktu penuangan yang dihitung sebagai

$$A = \frac{W}{\rho t C \sqrt{2gh}}$$

dengan ρ adalah densitas massa logam cair (kg/m³), h adalah tinggitekan efektif logam yang sama dengan tinggi *spure* (m), C adalah faktor efisiensi yang merupakan fungsi dari sistem *gating* tergantung pada dimensi tuangan dan jenis *gating* yang digunakan dan menurut Rashid $C = 0,8$ sebagai koefisien *discharge*, dan g adalah nilai gravitasi (9,81 m/det²).

- **Rasio *gating*:** mengacu pada proporsi dari luas penampang potong *spue* : *runner* : *in-gate* yang secara praktis rasio tersebut adalah 1 : 2 : 1.



1. Sebagai reservoir logam cair untuk mengurangi momentum alirannya
2. Saluran logam cair dibuat mengecil ke bawah agar mempercepat alirannya
3. Idem dengan nomor 1 di bagian bawah
4. Penghubung nomor 2 ke 6
5. Perangkat *slag* di logam cair
6. Luluhan logam masuk ke cetakan secara perlahan
7. Reservoir logam cair tambahan

Gambar 2.2. Bagian-Bagian dari Gating (Patel, dkk.2014)

Desain feeder atau riser: istilah *feeder* dan *riser* dapat dipertukarkan, namun telah diketahui bahwa semua *riser* adalah *feeder* dengan bentuk tertutup (*blind*) atau terbuka (*open*). Karena *riser* mirip dengan penuangan dalam perilaku solidifikasi, karakteristik *riser* juga dapat ditentukan oleh rasio luas permukaan terhadap volume yang menurut Chvorinov bahwa **waktu solidifikasi** pengecoran sebanding dengan kuadrat luas volume ke permukaan pengecoran sebagai $t_c \propto K \left(\frac{V}{SA}\right)^2 = K M^2$ dengan t_c adalah waktu solidifikasi (detik), K adalah konstanta cetakan, V dan SA adalah volume tuangan (m^3) dan luasan permukaan tuangan (m^2), dan M adalah modulus tuangan.

Penggunaan rumus di atas harus berdasarkan kriteria-kriteria sebagai berikut.

- Kriteria modulus atau kriteria perpindahan panas adalah bahwa *feeder* harus mengeras (solidifikasi) pada saat yang sama dengan, atau lebih lambat dari tuangan sehingga modulus *feeder* (M_F) yang diperlukan adalah $M_F = M_p \cdot M$ dengan M_p adalah faktor pengali yaitu 1,3 untuk baja, 1,15 untuk besi liat (*ductile*) dan 1 untuk besi tuang kelabu. Sedangkan menurut Rashid kriteria transfer panas ditentukan dari perbandingan M_C : M_N : $M_F = 1$: 1,1: 1,2 dengan M_C , M_N dan M_F adalah modulus *casting*, *feeder neck* dan *feeder*.
- Kriteria volume menyatakan bahwa *feeder* harus berisi logam cair yang cukup untuk memenuhi persyaratan kontraksi volume tuangan. Harus dipastikan bahwa *feeder* memiliki volume yang cukup untuk mengisi semua *shrinkage* (susut). Volume *feeder* (V_F) harus setidaknya sama dengan volume minimum persamaan berikut ini,
- $V_F = V_{\text{tuangan}} \frac{b}{s-b}$ dengan s = efisiensi *feeder* yaitu fraksi volume *feeder* aktual dan b adalah faktor susut pepadatan (solidifikasi).
- Untuk lokasi dan jenis konektivitas *feeder* maka hubungan parameter bentuk silindris *feeder* dengan tinggi (H) dan diameter (D) memenuhi hubungan $H/D = 2$ bagi tuangan baja sedangkan bagi tuangan besi dan aluminium $H/D = 1,5$. Untuk benda tuang kecil gunakan *feeder* silindris dan benda tuangan besar gunakan *feeder* silindris dengan alas lonjong (*spherical*) atau bagian atas lonjong (untuk jenis tertutup (*blind*)).

Hasil tuangan (casting yield, CY): adalah rasio dari volume tuangan aktual (V_C) yang diperlukan terhadap volume total (V_T) logam cair yang dituangkan melalui laluan cetakan. Hal ini disebabkan karena adanya bagian-bagian dari system *gating*.

$$CY = \frac{V_C}{V_T} \times 100\% \quad (1)$$

Semakin tinggi **CY** maka semakin tinggi pula nilai ekonomi paktek tuangan. Umumnya untuk material yang mengalami susut banyak memiliki **CY** yang lebih rendah, dan bentuk-bentuk tuangan yang besar dan sederhana memiliki **CY** yang lebih tinggi dibandingkan dengan bentuk-bentuk tuangan yang kecil dan rumit.

Kalkulasi laju penuangan: menurut Rashid, untuk laju penuangan optimum berbagai material yang berbeda dapat menggunakan rumus-rumus pendekatan sebagai berikut.

- **Tuangan logam ferro dan paduan bahan dasar tembaga:** laju penuangan (R , kg/detik) dengan berat tuangan (W , kg), tebal tuangan kritis (T , mm) dan konstanta tergantung berat coran (P . tabel berikut ini) adalah

$$R = \frac{WP}{\left(1,34 + \frac{T}{13,77}\right)} \quad (2)$$

Tabel 2.2 Berat Coran (kg)

Berat Coran (kg)	hingga 500	500 – 5000	5000 – 15000
P	0,5	0,67	0,70

- **Tuangan logam ringan:** dengan b adalah konstanta tergantung tebal dinding (tabel berikut) maka $R = b \sqrt{W}$

Tabel 2.3 Dinding (mm)

Tebal Dinding (mm)	di bawah 6	6 – 12	di atas 12
B	1,63	1,85	2,20

- Laju penuangan koreksi (R_A) dengan memerhatikan fluiditas logam (k) yang untuk besi tuang kelabu dan mampu bentuk (*malleable*) besarnya *unity* dan dapat dihitung berdasarkan ekivalensi karbon menggunakan grafik/*nomograph*, dan faktor gesekan (f) adalah $R_A = R / (k \cdot f)$.

2.2.1 Metode Eksperimen

Metode eksperimen adalah teknik untuk menyelesaikan permasalahan-permasalahan yang diformulasikan secara matematik dengan operasi hitungan (*arithmetic*). Beberapa definisi metode eksperimen dikemukakan ahli matematika, misalnya metode eksperimen adalah teknik dimana masalah matematika diformulasikan sedemikian rupa sehingga dapat diselesaikan oleh pengoperasian aritmetika (Chapra dan Chanale, 1991).

Metode eksperimen adalah teknik-teknik yang digunakan untuk merumuskan masalah matematika agar dapat diselesaikan hanya dengan operasi hitungan, yang terdiri dari operasi tambah, kurang, kali dan bagi (Susila, 1994).

Terdapat banyak jenis metode eksperimen, namun pada dasarnya masing-masing metode tersebut memiliki karakteristik umum, yaitu selalu mencakup sejumlah kalkulasi aritmetika. Jadi metode eksperimen adalah suatu teknik untuk memformulasikan masalah matematika sehingga dapat diselesaikan dengan operasi aritmetika yang terdiri dari operasi tambah, kurang, kali dan bagi (Rochmad, 2011).

Mengapa harus Metode eksperimen? Alasan pemakaian metode eksperimen ini karena tidak semua permasalahan matematis atau perhitungan matematis dapat diselesaikan dengan mudah. Bahkan dalam prinsip matematik, suatu persoalan matematik yang pertama dilihat apakah persoalan itu memiliki penyelesaian atau tidak. Jadi, jika persoalan sudah sangat sulit atau tidak mungkin diselesaikan dengan metode matematis (analitik) maka kita dapat menggunakan metode eksperimen sebagai alternatif penyelesaian persoalan tersebut.

Disamping itu menurut Rochmad (2011) ada sejumlah mengapa orang menggunakan metode eksperimen untuk memecahkan masalah yang dihadapinya. Beberapa alasan tersebut sebagai berikut.

1. Metode eksperimen merupakan suatu teknik untuk menyelesaikan masalah matematika yang efektif dan efisien. Dengan bantuan komputer ia sanggup menangani masalah yang rumit dan melibatkan perhitungan yang luas, misalnya untuk memecahkan masalah solusi suatu persamaan tak linear, sistem persamaan yang besar, dan permasalahan lainnya termasuk dalam teknik dan sosial. Masalah yang sering sulit atau bahkan tidak mungkin dapat diselesaikan secara analitis dapat diselesaikan dengan metode eksperimen.
2. Saat ini terdapat berbagai paket program komputer (misalnya excel, maple, matlab, atau program paket lainnya) yang tersedia dan diperdagangkan sehingga mudah didapat yang dalam pengoperasiannya mencakup metode eksperimen. Dengan demikian, pemecah masalah tinggal menyesuaikan dengan karakteristik program paket tersebut dengan algortima yang digunakan dalam pemecahan masalah.
3. Apabila masalah yang dihadapi sulit diselesaikan dengan bantuan program paket komputer, maka pemecah masalah dapat menggunakan program komputer (misalnya *basic*, *pascal*, *fortran*, atau program komputer lainnya). Jika pemecah masalah mahir mendesain program sendiri, maka pemecah masalah dapat lebih leluasa dalam menggunakan metode numerik untuk memecahkan masalah yang dihadapinya.

4. Di sisi lain, metode numerik merupakan semacam sarana yang efisien untuk mengenal karakteristik komputer dan mendesain *feeder* dan sistem *gating* (lalu-lalang) program komputer sendiri.

Perangkat lunak *solidworks* dapat memprediksi lokasi penyusutan solidifikasi dan porositas sehingga memberikan hasil yang sangat mudah dimengerti. Dengan demikian, perangkat lunak *solidworks* dapat menganalisis Identifikasi Penyusutan Solidifikasi pada Proses Pembuatan Pulli dan Kopling Flens secara eksperimen.

2.2.2 Macam-Macam Cacat Coran

1. Rongga udara Rongga udara dapat muncul sebagai lubang pada permukaan atau di dalam coran, terutama sedikit di bawah permukaan yang merupakan rongga-rongga bulat. Sebab-sebab cacat rongga udara secara kasar digolongkan menjadi dua, yaitu disebabkan gas dari logam cair dan di sebabkan gas dari cetakan
2. Retakan Retakan secara luas dibagi menjadi retak penyusutan dan retak karena tegangan sisa, Retak penyusutan sering terjadi pada bagian filet yang tajam dari suatu coran. Lebar cetakan berbeda, tetapi bentuk retakan tidak tajam. Salah satu retakan yang disebabkan tegangan sisa adalah robekan panas yang terjadi pada temperatur tinggi, dan lainnya retakan pada temperatur rendah. Keduanya disebabkan karena pendinginan tak seimbang pada penyusutan. Robekan panas tidak tajam dan dalam beberapa hal tidak kontinu, tetapi robekan pada temperatur rendah, tidak lebar, runcing dan lurus.
3. Penyusutan (*Shrinkage*) Hal itu terjadi karena adanya perubahan fase dari material cair menjadi padat sehingga akan terjadi perubahan volume. Jadi jika dibandingkan dengan ukuran pada rongga cetak, ukuran produk akan berbeda, yaitu ukurannya menjadi lebih kecil dibandingkan rongga cetaknya.
4. Salah alir Cacat salah alir adalah cacat disebabkan karena logam cair tidak cukup mengisi rongga cetakan.
5. Inklusi Pasir Inklusi pasir adalah cacat dimana pasir terbawa dalam coran dan cacat terjadi pada permukaan atau didalam coran