

## **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.

Proses solidifikasi (pemadatan) logam cair setelah dituangkan adalah *fase* penting dalam proses pengecoran yang sangat mempengaruhi kualitas pengecoran dengan menghasilkan cacat penyusutan dan hasil produk. Untuk mengkompensasi penyusutan selama perubahan *fasa*, logam cair yang dibutuhkan diperoleh dari daerah cairan yang berdekatan. Daerah pembekuan (*freezing*) terakhir adalah lokasi yang paling mungkin dari rongga penyusutan, yang membutuhkan pengumpan (*feeder*) untuk ditambahkan di lokasi yang sesuai pada tuangan. Total *volume feeder* harus diminimalkan untuk meningkatkan hasil dan produktivitas tuangan. Desain dan optimalisasi pengumpan membutuhkan interaksi manusia yang intensif dan berbagai iterasi *trial* dan *error*. Bantuan alat simulasi untuk menentukan bentuk, ukuran, dan lokasi pengumpan yang optimal sambil berkompromi dengan kendala kualitas dan biaya adalah sulit untuk dicapai.

Menurut Sugeng Slamet dkk, (2014) Produk yang terbuat dari proses pengecoran logam banyak kita jumpai di pasar mulai dari perabotan rumah tangga, komponen otomotif, komponen pompa air dan propeler kapal. Permintaan pasar produk logam cor yang sangat prospektif ini, kurang diimbangi dengan peningkatan kualitas produk. Produk logam cor dari pengrajin lokal sering kalah bersaing dengan produk impor baik dari sisi kualitas maupun daya saing harga. Salah satu cacat produk cor adalah timbulnya rongga rongga udara atau porositas baik di dalam maupun di permukaannya. Hasil pengamatan di IKM Budi Jaya Logam Juwana, salah satu penyebabnya adalah cetakan pasir dibuat dengan model saluran tegak lurus tanpa cawan tuang. Bentuk dan mekanisme penuangan dengan model saluran turun tersebut menimbulkan turbulensi aliran cor yang terjadi saat melakukan pengecoran logam. Hal yang cukup sederhana untuk membantu meningkatkan kualitas produk cor adalah dengan memperbaiki bentuk saluran

turun dengan menambahkan penggunaan cawan tuang, yaitu model *offset basin* dan *offset stepped basin* yang diharapkan aliran cor lebih laminar. Hasil penelitian yang mendasari program pengabdian masyarakat ini, setelah dilakukan pengamatan visual dan pengujian mikrofotografi menunjukkan penggunaan cawan tuang *offset basin* maupun *offset stepped basin* dapat menghasilkan coran dengan cacat porositas kecil dibandingkan tanpa menggunakan cawan tuang. Prosentase cacat porositas pada specimen yang dibuat tanpa cawan tuang/conical basin sebesar 42.12% cawan tuang tipe *offset basin* 3,90% dan cawan tuang tipe *offset stepped basin* sebesar 6,09%.

Menurut Nazma Sultan dkk, (2019) Solidifikasi dan pengisian memiliki pengaruh besar pada kualitas produk cor. Dalam dunia kompetitif modern untuk meningkatkan kualitas produk, dua langkah ini menarik perhatian yang lebih tinggi kepada para insinyur pengecoran. Studi kasus ini hanyalah salah satu dari tindak lanjut dari tujuan yang disebutkan di atas. Tujuan dari pekerjaan ini adalah untuk mengurangi tingkat penolakan produk cor di toko pengecoran karena cacat *casting* dalam proses pengecoran pasir menggunakan teknik simulasi berbantuan komputer. Secara umum teknik konvensional membutuhkan jumlah percobaan yang lebih besar dengan biaya yang lebih tinggi untuk memeriksa output ketika jumlah parameter proses meningkat yang dapat dikurangi menggunakan simulasi. Untuk penyederhanaan dalam analisis ini ukuran butir pasir, kualitas material, parameter proses pengecoran dianggap seragam untuk semua kasus. Hanya variasi posisi dan dimensi yang dipertimbangkan untuk analisis cacat. Ditemukan bahwa cacat seperti porositas susut, solidifikasi yang tidak tepat, jebakan udara, erosi cetakan berhubungan langsung dengan desain sistem *gating* dan *feeding* dan meskipun parameter proses lainnya dianggap seragam tetapi cacat ini akan diubah dengan mengubah parameter desain. Dalam hal ini, perangkat lunak simulasi pengecoran *Click2cast* digunakan untuk pengisian cetakan dan analisis pemadatan dan diamati bahwa desain sistem *gating* dan *feeding* yang diusulkan meningkatkan hasil *casting* sekitar 15% lebih tinggi daripada sistem *gating* dan *feeding* konvensional. Validasi simulasi dibuktikan melalui uji coba *eksperimental* di pabrik pengecoran.



Dr. Mathew dkk, (2016) Siswa Teknik Mesin di *Milwaukee School of Engineering* (MSOE) mempelajari proses pembuatan di tahun junior. Bagian dari studi mereka dalam kursus ini adalah proyek untuk membuat *casting* asli. Proyek ini meliputi beberapa langkah. Pertama adalah merancang bagian dan sistem cetakan terkait (gerbang & penambah) untuk pengecoran pasir bagian tersebut. Selanjutnya, siswa menganalisis kinerja tata letak cetakan mereka melalui penggunaan perangkat lunak simulasi pengecoran *SolidCast* dan melakukan perbaikan pada tata letak cetakan awal. Versi final dari desain *casting* dikirimkan ke pusat prototipe cepat MSOE untuk pembuatan pola *casting*. Langkah terakhir adalah membuat bagian cetakan pasir aluminium, dalam pengecoran skala kecil di laboratorium MSOE. Proyek ini menekankan premis dasar kursus; bagian yang diproduksi harus dirancang dalam batasan dan kemampuan proses pembuatan. Penyelesaian proyek yang berhasil mencakup beberapa hasil kursus utama, termasuk: 1) memahami langkah-langkah yang terlibat dalam proses pengecoran pasir hijau bersama dengan kemampuan dan keterbatasannya, 2) menerapkan pengetahuan ini untuk merancang komponen dan tata letak cetakan, 3) memahami karakteristik tata letak cetakan yang baik versus cetakan yang buruk, 4) menerapkan metode komputasi modern sebagai sarana untuk melakukan desain cetakan yang efektif untuk pengecoran pasir. Dengan keberhasilan implementasi *SolidCast*<sup>TM</sup> dan metode prototyping cepat ke dalam proyek ini, siswa belajar hasil kursus di tingkat yang lebih tinggi. Di masa lalu, lab adalah latihan yang informatif di mana siswa membuat bagian cetakan pasir. Sekarang ini adalah pengalaman desain teknik yang sesungguhnya bagi para siswa. Mereka dapat mendekati desain cetakan sebagai masalah cairan, masalah perpindahan panas, dan masalah kualitas pembuatan dan biaya.

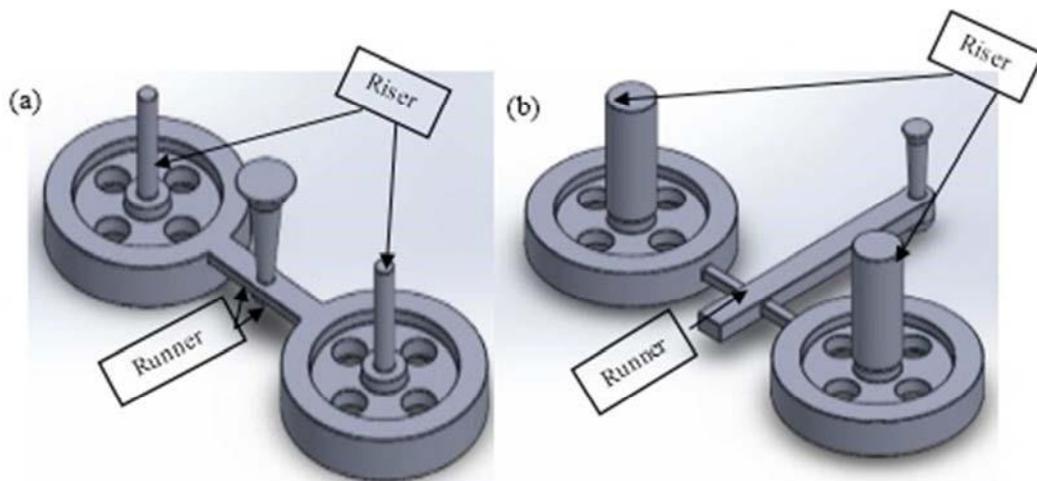
Leszek Sowa dkk, (2018) Model matematika dan hasil simulasi numerik dari proses pemadatan paduan logam berdasarkan metode elemen hingga (FEM) disajikan dalam makalah ini. Setelah menyelesaikan proses pengisian cetakan, pemadatan utama dari logam cair terjadi dan susutnya. Fenomena pengecoran susut tidak bisa dihindari. Namun, dimungkinkan untuk meminimalkan terjadinya efek negatifnya pada kualitas *casting*. Fenomena pembentukan cacat penyusutan dimasukkan dalam perhitungan numerik dan mereka berusaha menguranginya.

Merupakan aspek penting dari pekerjaan ini yang memungkinkan prediksi lokasi cacat *casting* tergantung pada bentuk riser. Hasil perhitungan komputer dari proses pemadatan pengecoran tiga dimensi bersama dengan riser berbentuk kerucut atau silinder dibahas secara rinci dan disajikan.

Henan dkk, (2013) Mekanisme pembentukan dan keteraturan distribusi penyusutan dalam roda baja tuang disimulasikan dengan metode komputer. Paket perangkat lunak *SolidWorks* digunakan untuk menghasilkan model tiga dimensi dari bagian cor, dan paket perangkat lunak *Experto ViewCast* digunakan untuk mensimulasikan proses pengecoran. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pengisian cetakan halus dan dengan demikian tidak terjadi percikan. Namun, susut dan porositas muncul pada *fase* transisi antara pelek roda dan jaring selama proses pemadatan. Alasan untuk itu adalah urutan solidifikasi yang tidak sempurna. Laju pendinginan cepat pada posisi *web* tipis terakhir mengarah ke Blok saluran pengisian di area transisi. Teknik pengecoran berhasil ditingkatkan dengan metode komputasi. Volume penyusutan dikurangi dengan menggunakan bahan isolasi, yang membuat coran semakin mengeras seperti yang dirancang. Kinerja roda yang dihasilkan oleh teknologi yang ditingkatkan sangat sesuai dengan persyaratan teknis.

Mochammad dkk, (2017) Permasalahan yang umum terjadi pada produksi pengecoran baja adalah adanya *shrinkage*. Berdasarkan ukurannya cacat *shrinkage* dibedakan menjadi dua yaitu *macro porosity* dan *micro porosity*. Keduanya sangat berpengaruh pada *casting* jika terdapat cacat tersebut. Studi kasus pada penelitian ini yaitu pada produk *Bucket Teeth* model *Narrow Chisel*. Penelitian ini ditujukan untuk memastikan produk *Bucket Teeth zero defect* atau terhindar dari cacat *shrinkage* sebelum dilakukannya proses produksi. Selain diharuskan untuk *sound casting*, keberadaan *micro porosity* yaitu *centerline shrinkage* perlu diperhatikan juga. Karena dapat diprediksikan menimbulkan crack yang dapat mengakibatkan patahnya produk *Bucket Teeth* ini. Selain itu temperatur penuangan sangat berpengaruh terhadap keberadaan cacat *shrinkage*. Niyama criterion adalah analisis pada *software* simulasi untuk menunjukan keberadaan *centerline shrinkage*. *Software* simulasi ini membantu proses perancangan coran dan membantu menganalisis cacat *shrinkage* pada coran.

Karena perancangan coran yang tepat merupakan salah satu faktor yang menentukan hasil dari produk yang Akan dibuat. Hasil dari penelitian rancangan coran produk *Bucket Teeth* diprediksikan *sound casting* terhindar dari cacat *shrinkage* pada temperatur penuangan 1530°C, 1555 °C, 1580 °C, dan 1605 °C (dalam analisis *software* simulasi). Penggunaan satu buah penambah atas pada masing-masing casting dengan diameter 80 mm membuat pembekuan terarah (*Directional solidification*) ke arah penambah sudah terjadi sepenuhnya. Penggunaan penambah pada *Bucket casting design Teeth* ini juga sudah cukup baik, pada analisis *shrinkage micro porosity*. Panjang dari cacat *centerline shrinkage* yang terjadi pada daerah kritis pada benda *Bucket Teeth* semakin pendek.



Gambar 2.1 Desain Pulli, Bagian-Bagian *Riser*, *Runner*  
(Sumber: Nazma, S dkk, 2019 hal 3)

Tabel 2.1 Komparasi Kajian Pustaka

Tahun	DATA SUMBER JURNAL PROPOSAL		
	Nama Peneliti	Judul	Kesimpulan
2014	Sugeng Slamet	Penerapan Model Saluran dan Cawan Tuang Untuk Mengatasi Cacat Prositas Produk Cor	Hasil dari penerapan tipe saluran turun dan cawan tuang pada cetakan pasir sebagaimana diskripsi di atas dapat kami simpulkan sebagai berikut : 1. Penggunaan cawan tuang baik yang offset basin maupun <i>offset stepped</i> basin dapat mengurangi cacat coran yang berupa porositas dan cacat permukaan dibandingkan tanpa menggunakan cawan tuang. 2.

Tahun	DATA SUMBER JURNAL PROPOSAL		
	Nama Peneliti	Judul	Kesimpulan
			Prosentase cacat porositas pada spesimen yang dibuat tanpa cawan tuang/conical basin sebesar 42,12%, cawan tuang tipe offset basin 3,90% dan cawan tuang tipe <i>offset stepped</i> basin sebesar 6,09%.
2019	Zazma Sultan	Solidifikasi dan Pengisian Cacat Terkait Analisis Menggunakan Teknik Simulasi <i>Casting</i> dengan Validasi <i>Experimental</i>	Teknik simulasi digunakan dalam penelitian ini untuk menentukan ukuran dan posisi optimal dari sistem <i>gating</i> dan feeding untuk meminimalkan cacat. Temuannya adalah (a) ukuran optimal dari elemen <i>gating</i> dalam sistem <i>gating</i> berpisah bertekanan adalah: sariawan ( $D_{base} = 10.28\text{mm}$ , $D_{top} = 16\text{mm}$ , $H = 90\text{mm}$ ), pelari ( $W = 18\text{mm}$ , $L = 200\text{mm}$ , $H = 16\text{mm}$ ), di gerbang ( $W = 10\text{mm}$ , $L = 40\text{mm}$ , $H = 8\text{mm}$ ), riser ( $D = 40\text{mm}$ , $H = 100\text{mm}$ ). (B) Mengisi hasil: Sistem <i>gating</i> yang dimodifikasi membantu mengurangi erosi cetakan. Jebakan udara diganti dari produk cor ke riser. (c) Dari hasil pepadatan ditemukan bahwa pepadatan arah dicapai melalui perubahan ukuran dan posisi elemen-elemen <i>gating</i> . Poros penyusutan produk cor hampir dihapus dalam sistem <i>gating</i> yang baru dirancang. (D) Hasil simulasi ditemukan menjadi perjanjian yang baik dengan hasil eksperimen dan hasil <i>casting</i> ditemukan 45% dalam sistem <i>gating</i> yang dimodifikasi. Sehingga dapat dinyatakan bahwa sistem ditingkatkan. Dapat disimpulkan bahwa simulasi membantu untuk memvisualisasikan fenomena pengisian dan pepadatan tanpa pemborosan waktu, energi,

Tahun	DATA SUMBER JURNAL PROPOSAL		
	Nama Peneliti	Judul	Kesimpulan
			tenaga kerja dan uang. Oleh karena itu simulasi pengecoran memungkinkan untuk memberikan 'benar pada saat pertama' melalui pencegahan potensi masalah yang berkaitan dengan aliran logam atau selama waktu pembekuan yang kompatibel dengan persyaratan produk dan kapasitas pengecoran.
2016	Mathew	Penggunaan Simulasi Pengecoran dan Prototipe Cepat dalam Kursus Sarjana dalam Proses Manufaktur	Dalam beberapa tahun siswa MSOE melakukan pengecoran pasir di lab tetapi tidak menggunakan simulasi <i>SolidCast</i> ™. Pendekatan yang digunakan sangat sederhana dan didasarkan pada "aturan praktis" yang diterima bahwa waktu pemadatan untuk riser harus setidaknya 1.25 kali waktu pemadatan bagian. Waktu pemadatan masing-masing dapat dihitung berdasarkan aturan Chvorinov. Waktu pemadatan $t (s) = B (V / A) ^ 2$ Di mana V = volume bagian atau riser, A = luas permukaan bagian atau riser, B = konstanta cetakan empiris. Kemudian, menurut pedoman umum riser harus dirancang sedemikian rupa sehingga, $t (s)$ untuk riser > 1, 25 $t (s)$ untuk bagian-bagiannya. Dengan keberhasilan implementasi <i>SolidCast</i> ™, siswa belajar hasil kursus di tingkat yang jauh lebih tinggi. Di masa lalu lab adalah latihan lab yang informatif di mana siswa dapat melihat proses <i>casting</i> . Sekarang ini adalah pengalaman desain teknik yang sesungguhnya bagi para siswa. Mereka mampu mendekati desain cetakan sebagai masalah cairan, masalah perpindahan panas, dan masalah kualitas pembuatan dan

Tahun	DATA SUMBER JURNAL PROPOSAL		
	Nama Peneliti	Judul	Kesimpulan
			biaya.
2018	Leszek Sowa	Pengaruh Dimensi Riser Pada Efektivitas Memberi Elemen Cor Pematatan	<p>Pekerjaan menyangkut simulasi komputer dari proses goyah dari pematatan baja tuang dalam cetakan logam menggunakan metode elemen hingga. Proses solidifikasi logam cair dalam sistem cetakan cor tiga-dimensi dianalisis, mengevaluasi apakah kondisinya kondusif untuk pembentukan cacat penyusutan. Perhitungan numerik dibuat dengan asumsi riser berbentuk silinder atau kerucut, memperoleh bidang suhu yang memungkinkan mengikuti posisi garis solidus dalam tahap perhitungan. Diamati apakah jalur ini tidak menutup untuk memutus pengecoran pematatan ke area yang lebih kecil dengan pasokan yang sulit dari logam cair, karena ini akan menghasilkan pembentukan rongga susut di tempat ini. Situasi ini tidak diamati pada periode pendinginan awal dari sistem yang dipertimbangkan, karena ada kondisi yang menguntungkan untuk pematatan terarah. Pada periode terakhir pematatan riser sistem <i>casting-silinder</i>, penutupan garis solidus dan lokasi rongga penyusutan di bagian atas casting diamati, yang membuktikan bahwa riser seperti itu tidak memenuhi tugasnya. Perubahan bentuk riser ke riser berbentuk kerucut, dengan tetap mempertahankan dimensi alasnya yang sama, menyebabkan akhir pematatan terjadi di bagian atas riser, yang dibolehkan, karena riser dengan rongga penyusutan yang dihasilkan dipotong <i>off</i> dan</p>

Tahun	DATA SUMBER JURNAL PROPOSAL		
	Nama Peneliti	Judul	Kesimpulan
			diproses ulang. Dengan demikian, tujuan dari pekerjaan ini tercapai karena riser yang tepat dipilih untuk <i>casting</i> pemadatan dalam cetakan logam sehingga dibuat tanpa cacat penyusutan.
2013	Henan	Simulasi numerik dan Optimasi Proses Pencetakan Baja <i>Casting-Steel</i>	(1) Hasil simulasi skema I menunjukkan bahwa pengisian cetakan lancar dan tidak terjadi percikan. Namun, selama proses pemadatan, penyusutan dan porositas muncul di zona transisi pelek roda dan web. Alasan untuk itu adalah urutan solidifikasi yang tidak sempurna. (2) Hasil simulasi skema II dan skema III menunjukkan bahwa urutan / urutan pemadatan dapat ditingkatkan dengan menambahkan lapisan bahan insulasi panas, dan cacat pada gips menghilang sebagian besar. Mempertimbangkan bahan insulasi panas intrinsik dan kualitas permukaan gips, skema III adalah desain yang optimal. (3) Lokasi cacat dapat diprediksi dengan simulasi numerik. Urutan pemadatan dapat ditingkatkan dengan menggunakan bahan insulasi panas dan cacat pada produk dapat dihilangkan. Properti lain dari roda juga telah memenuhi semua persyaratan teknis.
2017	Mochammad	Analisis <i>Shrinkage</i> Pada Produk <i>Bucket Teeth</i> dengan Simulasi <i>Software Solidcast 8.2.5</i>	Dengan rancangan coran konsep pembekuan terarah pada produk <i>Bucket Teeth</i> diprediksikan sound casting terhindar dari cacat shrinkage pada setiap temperatur penuangan 1530°C ,1555 °C , 1580 °C , dan 1605 °C (dalam analisis <i>material density</i> pada software simulasi). Penggunaan

Tahun	DATA SUMBER JURNAL PROPOSAL		
	Nama Peneliti	Judul	Kesimpulan
			<p>satu buah penambah atas pada masing-masing casting dengan diameter 80 mm membuat pembekuan terarah (<i>directional solidification</i>) ke arah penambah sudah terjadi sepenuhnya. Keberadaan dan posisi adanya <i>centerline shrinkage</i> pada produk Bucket Teeth berada pada garis sumbu tengah (<i>centerline axis</i>) dari benda cor. Variasi temperatur penuangan akan mempengaruhi panjang dari cacat <i>centerline shrinkage</i>, serta dapat disimpulkan bahwa temperatur penuangan semakin tinggi panjang <i>centerline shrinkage</i> semakin pendek.</p> <p>Penggunaan penambah pada casting design Bucket Teeth ini juga sudah cukup baik, karena selain dapat membuat <i>soundcasting</i> pada analisis <i>shrinkage macroporosity</i>. Dimensi dari cacat <i>centerline shrinkage</i> yang terjadi pada daerah kritis pada benda <i>Bucket Teeth</i> juga semakin pendek. Namun hasil perhitungan niyama yang menunjukkan potensi cacat <i>centerline shrinkage</i> ini masih dalam perkiraan.</p>

(Sumber: Diolah dari Petel, Sazma Sultan, Machew, laszek Sawa, Henan, Mochammad).

Bedasarkan dari hasil beberapa kajian pustaka diatas maka dapat disimpulkan bahwa usulan tugas akhir ini memiliki perbedaan sebagai di atas:

- a. Objek penelitian menggunakan pengecoran pulli dan kopling fens untuk prediksi cacat-cacat pada proses pengecoran.
- b. Variasi parameter menggunakan *Software simulasi CAD* ( *Procast, Magmasoft, Autocast, Solidcast* ).

- c. Metode tuangan Menggunakan beberapa macam rise, gating dengan simulasi.

## 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 membandingkan kedua optimasi metode proses pengecoran berbantuan komputer dan metode proses tradisional/manual.

Agar aplikasi simulasi pengecoran dapat dioptimalkan maka perlu dirancang sistem *gating* dan *feeder*.

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

- o **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 2.2 Waktu Penuangan (Pouring Time)

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

- o **Area pengontrol (area choke):** adalah area luasan pengontrol (**A**, m<sup>2</sup>) agar cetakan telah komplit diisi dalam waktu penuangan yang dihitung sebagai

$$A = \frac{W}{\rho t C \sqrt{2 g h}} \tag{1}$$

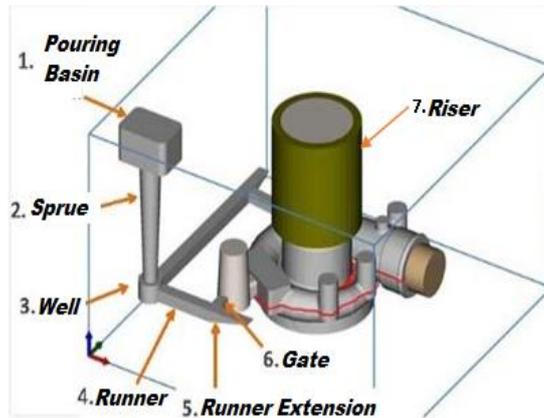
dengan  $\rho$  adalah densitas massa logam cair (kg/m<sup>3</sup>),

**h** adalah tinggi tekan 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/det<sup>2</sup>).

- **Rasio gating:** mengacu pada proporsi dari luas penampang potong *sprue* : *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. Perangkap slag di logam cair
6. Lajuan logam masuk ke cetakan secara perlahan
7. Reservoir logam cair tambahan

Gambar 2.2 Bagian-Bagian dari Gating  
(Sumber: 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

$$t_c \propto K \left( \frac{V}{SA} \right)^2 = K M^2 \quad \text{dengan } t_c \text{ adalah waktu solidifikasi (detik),} \quad (2)$$

**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

$$V_F = V_{\text{tuangan}} \frac{b}{s-b} \quad (3)$$

dengan  $s$  = efisiensi *feeder* yaitu fraksi volume *feeder* aktual dan  $b$  adalah faktor susut pemadatan (solidifikasi).

- o 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*.

$$CY = \frac{V_C}{V_T} \times 100\% \quad (4)$$

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.

- o 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 adalah

$$R = \frac{W^P}{\left(1,34 + \frac{T}{13,77}\right)} \quad (5)$$

Tabel 2.3 Tuangan Logam Ferro dan Paduan Bahan Dasar Tembaga

<b>Berat Coran (kg)</b>	hingga 500	500 – 5000	5000 – 15000
-------------------------	------------	------------	--------------

<b>P</b>	0,5	0,67	0,70
----------	-----	------	------

(Sumber: Patel dkk, 2014)

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

(6)

**Tabel 2.4 Tuangan Logam Ringan**

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

(Sumber: Patel dkk, 2014)

- 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  $R_A= R / (k \cdot f)$ .

Metode analisis proses *casting* yang paling sederhana dan tertua adalah bereksperimen dengan proses itu sendiri. Sayangnya, bereksperimen dengan proses nyata sangat sulit dan membutuhkan investasi besar dalam komoditas dan waktu yang relevan. Sebagai alternatif dari eksperimen nyata, analisis berbasis model matematika dapat digunakan secara menguntungkan. Simulasi digital, yang sedang melakukan percobaan pada model matematika menggunakan komputer, dapat dilakukan dengan dua pendekatan.

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

Metode numerik 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 numerik, namun pada dasarnya masing-masing metode tersebut memiliki karakteristik umum, yaitu selalu mencakup sejumlah kalkulasi aritmetika. Jadi metode numerik 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 Numerik? Alasan pemakaian metode numerik 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 numerik sebagai alternatif penyelesaian persoalan tersebut.

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

1. Metode numerik merupakan suatu teknik untuk menyelesaikan masalah matematika yang efektif dan efisien. Dengan bantuan Computer 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 numerik.
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 numerik. 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) program komputer sendiri.

Perangkat lunak *solidworks* dapat memprediksi lokasi penyusutan silidifikasi 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 numerik.

#### 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 Aluminium 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 (Pulli) 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 Aluminium 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.