Perancangan Gating System pada Fender melalui Pengecoran Pasir (*Sand Casting*)

EKO JULIANTO PERWIRA, MUHAMMAD SYAHID, AZWAR HAYAT*

ABSTRACT

Penelitiaan ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh desain hasil gating system terhapdap simulasi pengecoran dan experiment dengan menggunakan metode pengecoran melalui pengecoran pasir silika (silica sand).Pada penelitian ini dilakukan 3 macam pemodelan desain gating system yaitu middle gating system, bottom gating system, dan vertical gating system. Hasil simulasi terbaik dari 3 macam desain gating system tersebut akan dilakukan pengujian secara experiment. Dari hasil simulasi, menunjukkan bahwa simulasi desain middle gating system memberikan hasil yang lebih optimal dan jumlah cacat porositas yang lebih sedikit. Dengan dimensi Pouring basin Ø35 X 20 mm, Sprue Ø15.5 X Ø11 X 84 mm, runner 100 X 10 X 8 mm, well base Ø23 X 13 mm, Ingate 10 X 8 mm, riser Ø55 X 40.5 mm, riser Ø55 X 40.5 mm. Hasil pada pengujian porositas menunjukkan adanya korelasi antara lokasi prediksi cacat hasil simulasi dengan lokasi cacat pada produk coran secara eksperimen.

Keywords: Simulasi pengecoran , Gating system, Silica Sand, Fender

PENDAHULUAN

Metode Pengecoran logam tradisional memiliki sejarah yang Panjang dan sampai sekarang telah menjadi dasar dari seluruh bidang industri mekanik. Metode pengecoran logam telah digunakan sejak 6000 tahun lalu. Namun, masih menghadapi beberapa masalah, seperti sulitnya membuat bahan berkualitas, produksi rendah, konsumsi material yang digunakan, dan dampak lingkungan (Carlson *et al*, 2002). Dalam metode pengecoran tradisional hanya menggunakan pengalaman atau beberapa aturan yang diidentifikasi untuk merancang gating system pada semua pengecoran. Beberapa insinyur menggunakan desain gating formula untuk tujuan ini, kemudian pola dan cetakan disiapkan untuk selanjutnya dituangkan logam cair. Jika cacat muncul dengan system ini, maka gating system dimodifikasi sesuai dengan posisi dan tingkat cacat. Metode uji coba ini berlanjut hingga cacat pada casting bekrurang. Karena metode trial-and-error tradisional ini, hubungan antara pengecor dan pelanggan dapat rusak karena membutuhkan dan menghabiskan lebih 2014banyak waktu dan tenaga (Choudharia *et al*,

Perkembangan teknologi mempengaruhi segala aspek kehidupan termasuk system pengecoran. Salah satu aspek perkembangan teknologi di bidang pengecoran adalah aplikasi simulasi komputer. Teknik simulasi pengecoran dengan menggunakan komputer bertujuan untuk menganalisis aspek pengisian dan pemadatan cetakan. Desain proses pengecoran sangat penting untusk menghasilkan coran yang berkualitas. Tidak dapat dihindari bahwa banyak cacat yang terjadi dalam proses pengecoran. Gating system digunakan untuk mengkompensasi penyusutan yang disebabkan oleh pengecoran solidifikasi (Ravi, 2009).

Alat simulasi casting membantu mengoptimalkan desain proses casting dan meningkatkan hasil casting. Komputerisasi pemodelan dan simulasi solidifikasi dari pengecoran berguna untuk mengurangi waktu dan meningkatkan kualitas dalam pengecoran. Kualitas dalam hal cacat dan peningkatan hasil akan mempengaruhi harga dan produktivitas yang lebih tinggi (Nimbulkar dan Dalu, 2016).

Software simulasi casting membantu mengurangi waktu untuk menggambar gating system dan tata letak casting. Ini akan mengurangi biaya dan waktu untuk memodifikasi dalam optimasi gating system. Pemodelan dan simulasi computer menawarkan potensi mengevaluasi proses desain dalam waktu yang lebih cepat, dan biaya jauh lebih sedikit dibandingkan dengan metode konvensional.

Penggunaan metode komputasi dan simulasi numerik dalam pengecoran pasir untuk menganalisis pengisian cetakan, pemadatan, dan pendinginan, serta untuk memvisualisasikan lokasi dan jenis cacat internal. Simulasi casting membantu mengoptimalkan desain proses casting dan

meningkatkan hasil casting. Simulasi ini berperan penting dalam menanggulangi cacat coran yang terjadi pada saat proses pengecoran (Jezierski *et al*, 2018; Karim *et al*, 2020; Kuchariková, dan Tillová 2017; Vasava dan Joshi, 2017). Pemodelan yang dilakukan pada proses pengecoran, selanjutnya disimulasikan dengan menggunakan software Procast untuk mengoptimalkan hasil pengecoran yang akan dilakukan.

Fender adalah komponen dari sebuah kapal untuk melindungi struktur kapal dari kerusakan dengan menyerap energi kinetik kapal pada saat kapal berlabuh ke Pelabuhan atau dermaga. Kinerja sistem fender dianalisis menggunakan model analisis elemen hingga. Pemilihan sistem fender yang paling efisien didasarkan pada prinsip penyerapan energi sistem terhadap beban impak, tegangan, dan analisis defleksi (Carlson *et al*, 2002)..

Fender berupa bantalan yang diletakkan di depan dermaga. Fungsi utama dari fender adalah untuk mencegah kerusakan pada struktur dari dermaga itu sendiri maupun untuk melindungi rusaknya cat badan kapal karena gesekan antara kapal dan dermaga yang disebabkan oleh gerak karena gelombang, arus, dan angin. Jumlah energi yang diserap oleh fender dan gaya dampak maksimum dari kapal yang merapat kedermaga adalah kriteria utama yang diterapkan dalam desain fender (Muhammad *et al*, 2016)

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode experimental, yaitu suatu metode yang digunakan untuk memprediksi mekanisme pemadatan aluminium paduan, menganalisis hasil dan mengoptimalkan parameter pengecoran untuk mencapai sifat yang baik suatu material dengan cara eksperimen menggunakan simulasi perangkat lunak.

2.1 Pemodelan proses pengecoran

Pemodelan 3d *Fender* dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Autodesk Fusion360. Geometri 3D *fender* dengan gating *system* menggunakan Autodesk Fusion360 ditunjukkan pada **Gambar 2.1, Gambar 2.2, dan Gambar 2.3.** Material yang dipilih untuk *fender* adalah A 356.0 dengan dimensi Ø4” x Ø2” x 5” Pemodelan terdiri dari penentuan *bottom gating system*. Umummnya perangkat lunak simulasi pengecoran memiliki tiga bagian utama yaitu :

- *Visual Mesh*: program membaca geometri dan menghasilkan *mesh*.
- *Visual Cast*: penambahan kondisi batas dan data material, pengisian dan penghitungan suhu.
- *Visual Viewer*: menunjukkan data hasil simulasi.

Selama proses simulasi pengecoran, pemadatan dan porositas diperiksa serta proses *gravity sand casting* dioptimalkan. Berdasarkan hasil simulasi pengecoran, dipilih salah satu desain yang paling optimal dengan persentase porositas rata-rata yang paling kecil. Unsur-unsur yang diperhitungkan dalam proses pengecoran *fender* adalah *pouring basin*, *sprue* and *well base*, *ingate*, *riser*, yang dirancang menggunakan *software* solidwork. Diperlukan perhitungan untuk menentukan dimensi sistem saluran yang akan digunakan, secara matematis perhitungan system saluran adalah sebagai berikut:

- Menentukan volume coran (V)
- Menentukan Tebal dominan coran (t)
- Menentukan kedalaman logam cair pada pouring basin (b)
- Menghitung berat coran, persamaannya sebagai berikut:

$$W = V \times \rho \qquad (1)$$

Dimana:
W = Berat coran (gr)
V = Volume coran (cm^3)
ρ = Densitas aluminium (gr/cm^3)

- Menghitung pouring volume, Qp *(m^3)*:

$$Qp = \frac{Wp}{\rho} \qquad (2)$$

Dimana:

Qp = Pouring volume (m^3)
Wp = Pouring weight (kg)
ρ = Densitas aluminium (kg/m^3)

- Menghitung Waktu tuang, tp (s). Menggunakan persamaan Nielsen sebagai berikut:

$$tp = 0.32 \; x \; t \; x \; Wp^{0.4} \qquad (3)$$

Dimana:
tp = Waktu tuang(s)
t = Tebal dominan coran (mm)
Wp = Berat coran (gr)

- Effective sprue height (ESH) (mm) menggunakan middle gating system dengan persamaan sebagai berikut:

$$ESH = h - \frac{p^2}{2c} \qquad (4)$$

Dimana:
ESH = Effective sprue height (mm)
h = Tinggi sprue (mm)
p = Wall thicknes(mm)
c = Tinggi produk coran cope hingga bagian teratasnya (mm)

- Effective sprue height ESH (mm) menggunakan bottom gating system dengan persamaan sebagai berikut:

$$ESH = h - \frac{p}{2} \qquad (5)$$

Dimana:
ESH = Effective sprue height (mm)
h = Tinggi sprue (mm)
p = Tinggi coran (mm)

- Menentukan area sprue bawah (choke area), sebagai berikut:

$$A_B = \frac{W}{\rho \, . \, tp \, . \, c\sqrt{2.g.H}} \qquad (6)$$

Dimana:
AB = Area sprue bawah (mm2)
W = Massa coran (kg)
ρ = Massa jenis logam cair (kg/m3)
tp = Waktu penuangan (s)
H = Ketinggian efektif sprue (m)
g = Percepatan gravitasi (9.81 m/s2)
c = Faktor efisensi saluran turun (0.88)

- Menentukan diameter sprue bawah (choke area):

$$D_B = \sqrt{\frac{4 \text{ x } A_B}{\pi}} \qquad (7)$$

Dimana:
DB = Diameter sprue bawah (mm)
AB = Area sprue bawah (mm^2)

- Menentukan area sprue atas, sebagai berikut:

$$A_A = A_B \sqrt{\frac{h}{b}} \qquad (8)$$

Dimana:
AA = Area sprue atas (mm2)
AB = Area sprue bawah (mm2)
h = Tinggi sprue (mm)
b = Tinggi pouring basin (mm)

- Menentukan diameter sprue atas

$$D_A = \sqrt{\frac{4 \text{ x} A_A}{\pi}} \qquad (9)$$

Dimana:
DA = Diameter sprue atas (mm)
AA = Area sprue atas (mm^2)

- Menentukan ingate menggunakan rekomendasi *American Foundrymen's Society* (AFS) horizontal maka untuk menentukan luasan pengalir menggunakan perbandingan antara *choke area* : *runner area* : *gate area* = 1 : 4 : 4. Maka *runner area* sama dengan empat kali *choke area* dan *gate area* sama dengan empat kali *choke area* (Carlson *et al*, 2002).

- Menentukan well base area (mm^2), dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{well base area} = 5 \text{ x } A_B \qquad (10)$$

- Menentukan diameter well base (mm), dengan persamaan sebagai berikut:

$$d = \sqrt{\frac{4 \text{ x } \textit{well area}}{\pi}} \qquad (11)$$

- Well base depth = 2 x runner depth (12)

- Menentukan nilai modulus (C%) yang efisien sesuai jenis riser:

  a) 33% apabila menggunakan Foseco sleeve.
  b) 16% apabila menggunakan natural feeder/*riser* (logam cair mengalir sebelum mencapai rongga cetak).
  c) 10%-14% untuk natural feeder yang lainnya.

- Menentukan nilai *shrinkage* pada paduan yang akan dicor. Nilai *shrinkage* untuk pengecoran paduan diberikan pada Tabel 2.3 berikut:

Tabel 2.1 Nilai *shrinkage* untuk pengecoran paduan

Casting alloy	*Shrinkage (%)*
Carbon steel	6.0
Alloyed steel	9.0
High alloy steel	10.0
Malleable iron	5.0
Al	8.0
AlCu4Ni2Mg	5.3
AlSi12	3.5
AlSi5Cu2Mg	4.2
AlSi9Mg	3.4
AlSi5Cu1	4.9
AlSi5Cu2	5.2
AlCu4	8.8
AlSi10	5.0
AlSi7NiMg	4.5
AlMg5Si	6.7
AlSi7Cu2Mg	6.5
AlCu5	6.0
AlMg1Si	4.7
AlZn5Mg	4.7
Cu (pure)	4.0
Brass	6.5
Bronze	7.5
Al Bronze	4.0
Sn Bronze	4.5

- Memperkirakan berat logam cair yang ada di dalam *riser* (W_F) dengan terlebih dahulu menentukan berat dari benda yang akan di cor (W_C) serta nilai modulus *feeder*/*riser* (C%) dan nilai shrinkage (S%). Hubungan antara W_F dan W_C dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$W_F = W_C \times \frac{100}{C\%} \times \frac{S\%}{100} \qquad (13)$$

Dimana:
WF = Berat logam cair dalam riser (gr)
WC = Berat benda cor (gr)
C% = Nilai Modulus feeder/riser
S% = Nilai Shrinkage

- Menentukan volume riser menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$V_r = \frac{W_F}{\rho} \qquad (14)$$

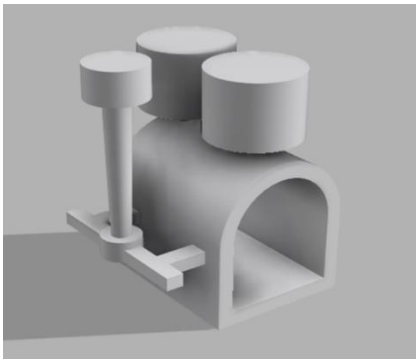
Dimana:
Vr = Volumer riser (cm3)
WF = Berat logam cair dalam riser (gr)
ρ = Densitas logam cair (gr/cm^3)

- Menentukan diameter riser menggunakan persamaan sebagai berikut:

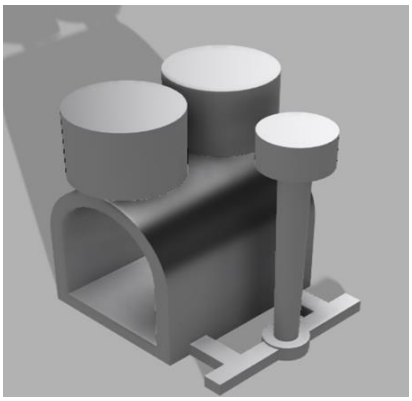
$$d = \sqrt{\frac{V_r \times 4}{\pi \times 4}} \qquad (15)$$

Dimana:
d = Diamter riser (mm)
Vr = Volumer riser (cm^3)

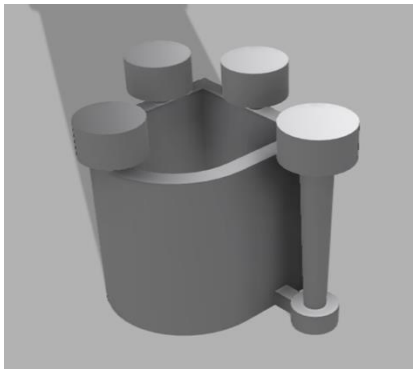
Adapun dimensi *middle gating system, bottom gating system, dan vertical gating syste* yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.1. Kemudian, semua elemen ini ditempatkan dengan posisi dan lokasi cetakannya masing-masing. Dari data ukuran dimensi tersebut akan digunakan untuk membangun model 3D simulasi dengan menggunakan perangkat lunak simulasi komputer.



Gambar 2.1. Middle *gating system*



Gambar 2.2 Bottom *gating system*



Gambar 2.3 *Vertical gating system*

Tabel 2.1 Dimensi *middle gating system, bottom gating system, dan vertical gating system*

No	Bagian	Dimensi desain middle gating system (mm)	Dimensi desain bottom gating system (mm)	Dimensi desain vertical gating system (mm)
1	*Pouring basin*	Ø 35 X 20	Ø 35 X 20	Ø 35 X 20
2	*Sprue*	Ø 15,5X Ø 11 X 84	Ø 18 X Ø 11 X 115	Ø 15 X Ø 11 X 95,03
3	*Runner*			
	a. Panjang	100	100	-
	b. Lebar	10	10	
	c. Tinggi	8	8	
4	*Well base*	Ø 23 x 8	Ø 23 x 22,4	Ø 19 x 22,4
5	*Ingate*			
	a. Lebar	10	10	10
	b.Tinggi	8,4	11,5	9,5
6	*Riser*			
	a. *Riser* 1	Ø 55 x 40,5	Ø 55 x 40,5	Ø 27,5 x 40,5
	b. *Riser* 2	Ø 55x 40,5	Ø 55 x 40,5	Ø 27,5x 40,5
	c. *Riser* 3	-	-	Ø 27,5 x 40,5

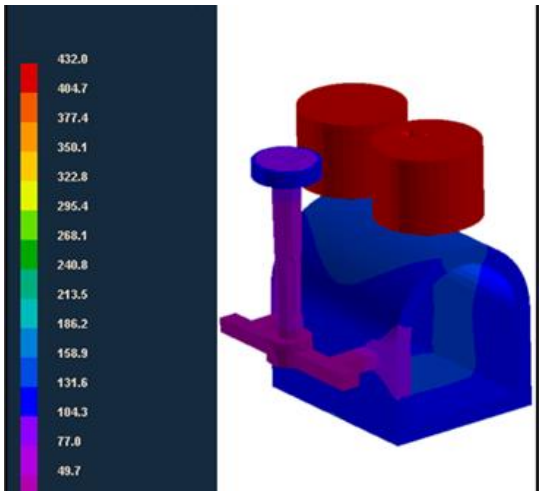
HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil dan Analisis Simulasi Komputer

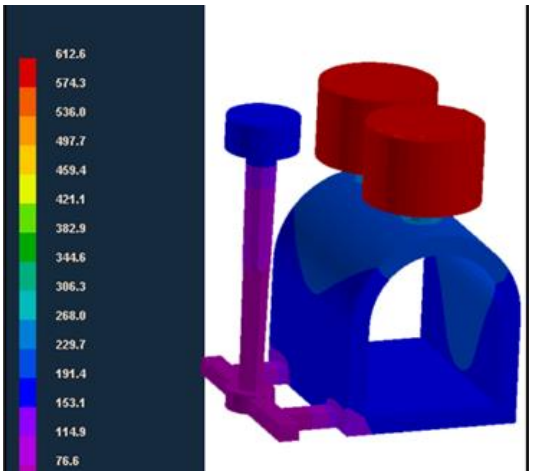
3.1.1 Solidifikasi

Solidifikasi adalah waktu dalam setiap detik bagian *fender* menjadi padat sempurna, yaitu dari waktu akhir penuangan hingga titik waktu pemadatan. Waktu solidifikasi sebanding dengan rasio volume terhadap luas permukaan yang sejalan dengan temuan Tapan (2013) dan Hananto (2016). Setelah logam cair dituangkan ke dalam rongga cetakan, pemadatan *fender* dimulai. Solidifikasi dalam proses pengecoran umumnya bersifat kompleks, dimana fenomena fisik, termal, dan metalurgi berlangsung secara bersamaan. Untuk mendapatkan kualitas pengecoran yang baik, diperlukan pemadatan terarah. Solidifikasi adalah hasil perpindahan panas dari pengecoran internal ke lingkungan eksternal. Pemadatan logam yang sebenarnya dimulai pada suhu liquidus 613 °C. Pemadatan logam berakhir pada suhu solidus 548 ° C.

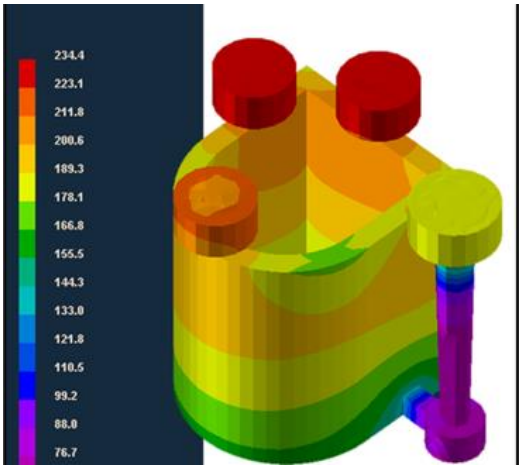
Pada Gambar 3.1 waktu pengisian merupakan waktu yang dibutuhkan untuk mengisi bagian-bagian dari produk coran oleh logam cair. Logam cair masuk ke cetakan melalui *pouring basin* dan naik hampir seragam di rongga cetakan hingga benar-benar terisi sampai pada *riser*. Temperatur tuang untuk aluminium Al7%Si adalah 700°C. Berdasarkan hasil simulasi, dengan jelas menunjukkan pengisian logam di rongga cetakan yang memastikan kelancaran aliran logam cair masuk ke dalam rongga cetakan, dapat dilihat bahwa logam cair terisi dengan baik tapi temperatur pada simulasi *fender* tidak merata dan bisa dilihat dari presentase *gradient* warna yang berbeda.



Gambar 3.1 Waktu solidifikasi middle *gating system*



Gambar 3.2 Waktu solidifikasi *bottom gating system*



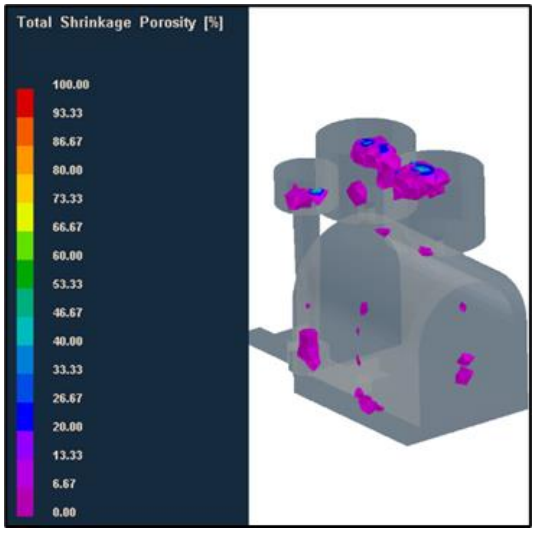
Gambar 3.3 Waktu solidifikasi *vertical gating system*

Pada **Gambar 3.2** menunjukkan pemadatan *Fender* dengan *gating system* yang sudah dimodifikasi dimana pemadatan berlangsung terarah, dimulai dari bagian tertipis hingga bagian paling tebal dan berakhir di *riser*. **Gambar 3.3** menunjukkan plot waktu pemadatan *gating system* awal dimana hasil pemadatan kurang sempurna, gradient warna merah menunjukkan bagian yang terakhir mengalami pemadatan.

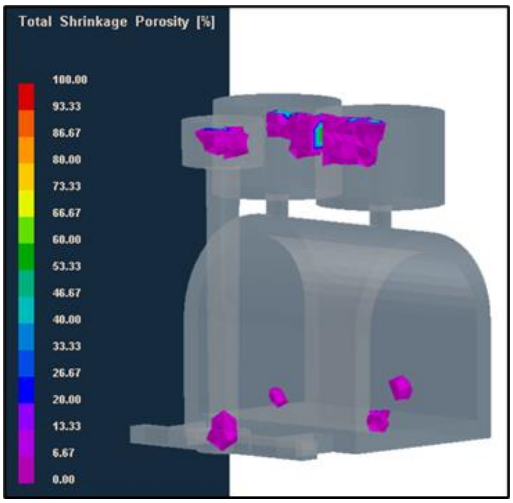
3.1.2 Porositas

Cacat dapat didefinisikan sebagai karakteristik yang menciptakan kekurangan atau ketidaksempurnaan yang berbeda dengan spesifikasi kualitas yang disebabkan oleh kualitas dan persyaratan pasir cetak. Cacat porositas penyusutan adalah rongga di dalam komponen yang dapat menyebabkan bahan melemah dan jika diletakkan di permukaan dapat memperburuk kualitas estetika dan ketahanan korosi. Porositas penyusutan muncul selama fase pemadatan material, yang dimulai dengan fase pengisian cetakan dan berakhir ketika setiap bagian material benar-benar dipadatkan. Penyebab porositas adalah penyusutan material dikonformasi pada penetelitian Kuchariková, dan Tillová (2017).

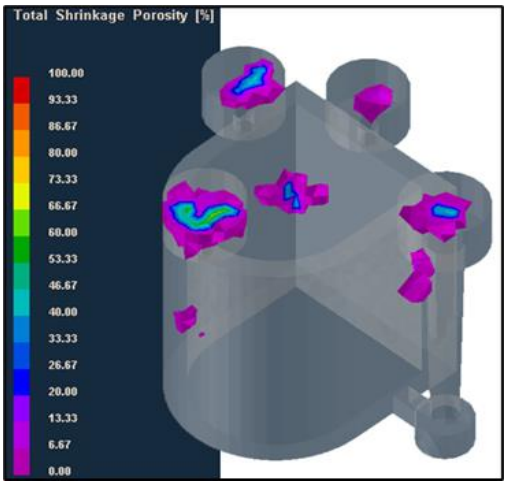
Gambar 3.4 menunjukkan porositas penyusutan hadir dalam simulasi *middle gating system*. Telah diamati bahwa total persentasi porositas rata yang terjadi pada area *Fender* yaitu sebesar 0,9%. Pada Gambar 3.5 memperlihatkan cacat porositas yang masih terjadi dengan persentase porositas rata-rata sebesar 10,06% yang secara teknis susah untuk dihilangkan, berbeda dengan Gambar 3.6 yang memperlihatkan porositas yaitu sebesar 5,84%. Porositas yang dominan terjadi pada bagian dasar *fender* berada dekat saluran masuk.



Gambar 3.4 Total shrinkage Porosity middle gating system



Gambar 3.5 Total shrinkage Porosity bottom gating system



Gambar 3.6 Total shrinkage Porosity vertical gating system

Dari hasil simulasi tersebut dipilih salah satu desain yang memiliki nilai rata-rata persentase shrinkage terkecil yang dijadikan acuan untuk dilakukan *experiment*. Dapat dilihat bahwa desain *fender bottom gating system* memiliki nilai rata-rata *shrinkage* tertinggi yaitu 10,06% dan nilai terkecil pada desain *middle gating system* yaitu 0,9%.

3.2 Analisa Hasil Pengecoran Fender

Untuk proses pemeriksaan kualitas coran *fender* telah dilakukan serangkaian pengujian yang meliputi: pengujian visual, pengujian material (pengujian densitas, pengujian porositas, pengujian mikrostruktur dan kekerasan).

3.3.1 Pengamatan Visual

Pengamatan secara visual ini dilakukan tanpa menggunakan alat ukur atau peralatan pengujian dan dilakukan pengamatan secara menyeluruh pada permukaan produk coran. Dari hasil coran dapat dilihat bahwa *fender* telah terisi *full* dengan aluminium cair. Namun ada beberapa cacat coran yang dapat ditemukan pada permukaan produk coran *fender* diantaranya yaitu cacat *inclusion* seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 3.7** yang disebabkan kehadiran material asing pada benda cor, material tersebut dapat berasal dari cetakan waktu penuangan logam cair ataupun dari logam cair itu sendiri pada saat logam cair dilebur didalam *crussible*.

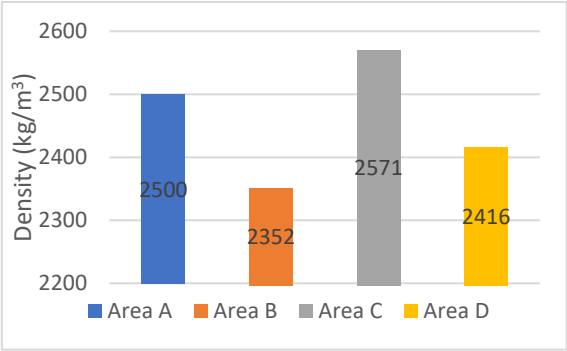
Gambar 3.7. *Inclusion*

3.3.2 Pengujian densitas

Pengujian desnsitas dan porositas merupakan pengujian untuk menentukan massa jenis area auji dalam keadaan kering dan keadaan basah dan juga besarnya porositas yang terjadi pada area produk. Pengujian dilakukan di 4 titik sampel yang diambil dari bagian *fender* seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 3.8**. Pemotongan sampel pada area A, area B, area C, dan pada Area D dipilih berdasarkan sebaran temperatur yang terjadi dan karena memiliki presenrase porositas yang terjadi pada area tersebut.

Gambar 3.8 (a) Area A, (b) Area B, (c) Area C, (d) Area D

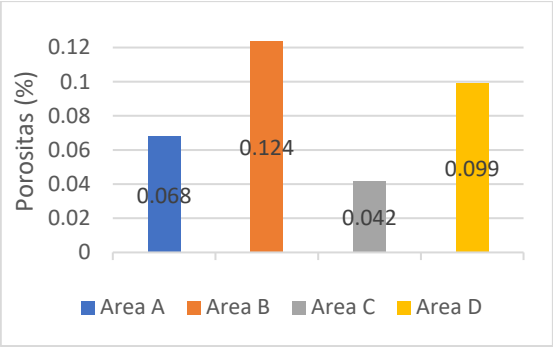
Adapun hasil pengujian densitas produk coran *fender* dapat dilihat pada Gambar 3.9 berikut:



Gambar 3.9 Grafik Hasil Uji Density

Dari hasi pengujian *Density* dapat diketahui nilai tertinggi berada pada area C dengan nilai 2571 dan area A sebesar 2500, area D sebesar 2416, untuk *density* dengan nilai terendah pada area B sebesar 2352 Semakin tinggi nilai *density* maka semakin tinggi kepadatan area dan sebaliknya, semakin rendah nilai dari *density* maka semakin rendah pula kepadatan areanya. Sehingga area C memiliki kepadatan yang lebih tinggi dibandingkan area lainnya.

Adapun hasil pengujian porositas produk coran *fender* dapat dilihat pada Gambar 3.10 berikut:



Gambar 3.10 Grafik Perhitungan porositas hasil Uji densitas

Berdasarkan Gambar 3.10 grafik hasil perhitungan porositas diatas menjelaskan bahwa nilai tertinggi berada pada area B dengan nilai porositas sebesar 0,124% dan nilai porositas terendah berada pada area C dengan nilai porositas 0,042%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai porositas maka tingkat kekerasan suatu material semakin menurun, sebaliknnya semakin rendah nilai porositas maka semakin meningkat nilai kekerasannya.

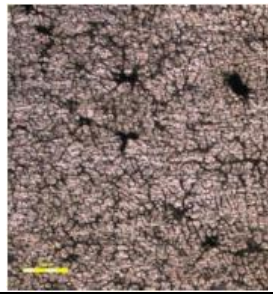
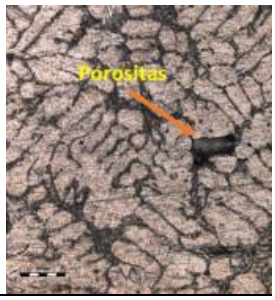
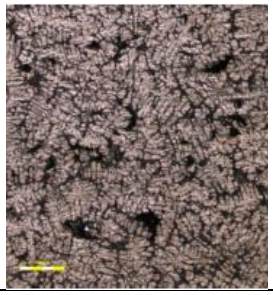
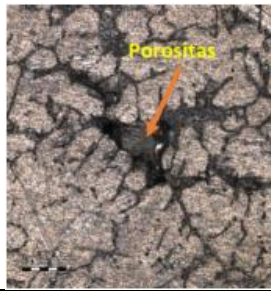
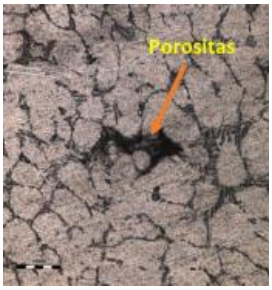
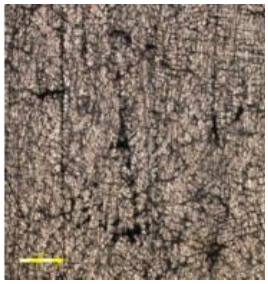
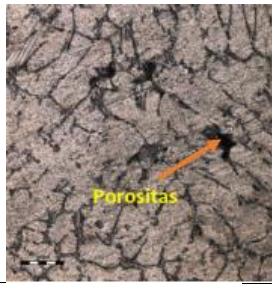
Porositas terjadi karena adanya atom hidrogen yang larut dalam aluminium cair. Atom hidrogen yang larut dalam aluminium cair berasal dari disosiasi uap air di permukaan aluminium cair. Atom hidrogen ini akan membentuk gelembung kavitasi kecil karena adanya tekanan. Gelembung kavitasi terjadi karena perubahan tekanan parsial hidrogen pada aluminium cair menjadi lebih kecil dari pada tekanan parsial hidrogen di udara luar. Atom hidrogen dalam aluminium cair berdifusi ke gelembung ini dengan mudah dan terus menerus, dan pada saat yang sama berinteraksi satu sama lain dan berubah menjadi molekul hidrogen, yaitu dari 2H menjadi gas H_2. Ketika aluminium cair tersebut membeku gelembung gas H_2 ini terjebak dalam paduan aluminium membentuk rongga-rongga yang disebut porositas. Untuk mengurangi porositas perlu dilakukan pemberian gas argon dalam proses peleburan logam yang sering disebut metode degassing. Degassing gas argon yang diumpankan ke dalam aluminium cair mempengaruhi gelembung gas tersebut, karena argon tidak dapat larut dalam aluminium cair, maka gas argon bercampur dan menyatu dengan

gelembung kavitasi kemudian membawanya ke permukaan sambil mengangkat kotoran yang ada sehingga alumunium cair menjadi bersih dan seragam.

3.3.3 Pengujian mikrostruktur

Pengujian struktur mikro dilakukan pada 4 bagian *fender* dengan pembesaran 50x dan 200x. Hasil pengujian struktur mikro dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut ini:

Tabel 3.2 Pengujian Struktur Mikro *fender*(pembesaran 50x, dan pembesaran 200x)

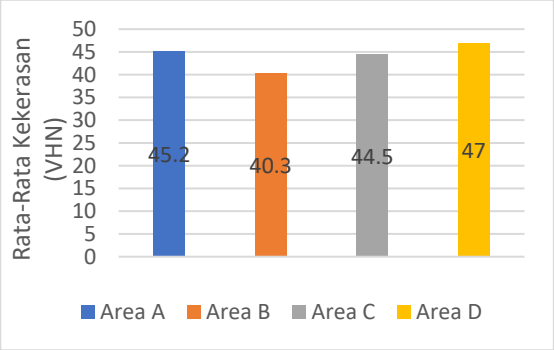
Titik pengujian	Pembesaran 50X	Pembesaran 200x
Area A		
Area B		
Area C		
Area D		

Hasil pengujian struktur mikro seperti pada Tabel 3.2 diatas terdiri dari unsur Al (Aluminium) dan juga Si (Silikon). Seperti yang dilihat pada gambar, bahwa unsur Al berupa butiran besar berwarna putih yang merupakan unsur utama pada aluminium, sedangkan unsur Si berbentuk kecil memanjang seperti jarum yang merupakan paduan dari aluminium. Foto mikro area B merupakan area yang paling banyak memiliki porositas dibandingkan dengan area A, C, dan D. Area C memiliki presentase porositas yang lebih sedikit. Semakin besar nilai porositas pada produk coran maka akan mengakibatkan nilai kekerasan semakin menurun begitupun sebaliknya, semakin kecil nilai porositas maka nilai kekerasan akan semakin bagus. Hasil pengujian mikro struktur berbanding lurus dengan hasil simulasi pada aplikasi simulasi pengecoran logam. Berdasarkan hasil pengujian mikro struktur dapat dilihat bahwa porositas yang terjadi pada produk coran *fender* tersebut merupakan jenis *shrinkage porosity*.

Dari hasil Struktur mikro juga dapat dilihat fase yang terbentuk pada *fender* hasil pengecoran. Fase yang dominan terbentuk adalah fase primer (α-Al). Selain fase primer (α-Al) juga terbentuk fase eutektik. Jumlah campuran eutektik dalam struktur mikro tergantung pada tingkat Si. Campuran eutektik mengandung Al yang lembut sebagai matriks yang mengandung partikel Si. Partikel Si ini yang pada umumnya akan dapat meningkatkan tingkat kekerasan dan memperlambat laju korosi pada material. Metode *sand casting* dan metode *gravity die casting* menggunakan material aluminium memiliki fasa β (Si) paling renggang dan morfologi ukuran dendrit α (Al) paling besar serta acak, berbeda dengan metode centrifugal die casting yang memiliki bentuk butir yang merata dan homogen.

3.3.4 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan menggunakan metode *Vickers*. Pengujian ini menggunakan pembebanan HV0.2 dengan *dwell time* selama 5 detik. Satuan pengukuran diagonal jejak indentor adalah µm. Posisi untuk menguji kekerasan diambil pada tiga titik sejajar berurutan. Hasil pengujian *Vickers* dapat dilihat pada Gambar 9 sebagai berikut:



Gambar 4.9 Grafik Uji Kekerasan

Dari hasil pengujian kekerasan menggunakan metode *Vickers* menunjukkan bahwa nilai kekerasan tertinggi berada pada Area D yaitu 47 VHN, nilai kekerasan ini lebih tinggi daripada area kekerasan lainnya, dan nilai kekerasan dengan nilai terendah berada pada Area B atau sekitar bagian *inlet* tempat masuk nya cairan logam dari *gating system* ke produk coran dengan nilai 40,3 VHN. Hal ini disebabkan karena adanya konduktifitas panas yang berbeda-beda pada cetakan, semakin tinggi nilai konduktifitas panas maka semakin cepatan pula proses solidifikasi pada produk coran begitu pula sebaliknya.

Melambatnya proses pembekuan akan mengakibatkan harga kekerasan turun dan material tersebut ulet. Selain itu melambatnya proses pembekuan oleh media cetakan akan mengakibatkan butir-butir kristal besar pada struktur mikro. Konduktifitas panas pasir basah dan pasir RCS lebih kecil dibandingkan bila menggunakan cetakan logam, konduktifitas kecil tersebut memungkinkan pembekuan lambat dan melambatnya pembekuan berpengaruh juga pada besar butir hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya Hirigo dan Singh (2019).

KESIMPULAN

Hasil dari ketiga desain gating system pada fender, middle gating system merupakan desain yang paling optimal dengan jumlah porositas yang lebih sedikit. Dengan dimensi (mm) pouring basin Ø35 X 20, Sprue Ø15,5 X Ø11 X 84, runner 100 X 10 X 8, well base Ø23 X 13, Ingate 10 X 8, riser Ø55 X 40,5 , riser Ø55 X 40,5.

Hasil dari desain *middle gating system* terhadap sifat mekanik dan pemeriksaan cacat yang dilakukan, menunjukkan adanya kolerasi antara lokasi prediksi cacat hasil simulasi dengan lokasi cacat pada produk coran sebagai berikut:

a. Hasil pengujian *density* dengan nilai tertinggi terdapat pada area C sebesar 2571 kg/m^3, Adapun hasil pengujian porositas terbesar terdapat pada area B sebesar 0,124%. Dari hasil pengujian tersebut masih ditemukannya cacat coran pada produk *fender* hasil cor namun masih dapat diterima sesuai standar ASTM E 155 yang dipersyaratkan.
b. Berdasarkan hasil pengujian kekerasan dengan menggunakan metode *Vickers*, nilai kekerasan terendah terdapat pada area B sebesar 40,3 VHN hal ini disebabkan karena nilai porositas pada area B yang sangat tinggi daripada area lain dan nilai kekerasan tertinggi berada pada area E sebesar 47 VHN.

Hasil pengamatan struktur mikro menunjukkan fase yang terbentuk, fase yang dominan terbentuk adalah fase primer (α-Al), serta sebagian fase eutektik Si.

DAFTAR PUSTAKA

Carlson, K. D., Ou, S., Hardin, R. A., dan Beckermann, C. (2002). Development of new feeding-distance rules using casting simulation: Part I. Methodology. Metallurgical and Materials Transactions B: Process Metallurgy and Materials Processing Science, 33(5), 731-740. https://doi.org/10.1007/s1166 3-002-0027-0

Nimbulkar, S. L., dan Dalu, R. S. (2016). Design optimization of gating and feeding system through simulation technique for sand casting of wear plate. Perspectives in Science, 8, 39–42. https://doi.org/10.1016/j.pisc.2016.03.00 1

Jezierski J., Dojka R., Janerka K., Optimizing the gating system for steel castings, Metals 8 (66) (2018) 1–13

Karim, I., J., A., Umar, K., & Asri, S. (2020). *Metode Sand Casting*. *5*(April), 2–6.

Kuchariková, L., & Tillová, E. The comparison of the porosity formation in different casted secondary aluminium alloy. Zeszyty Naukowe Quality. Production. Improvement 1(1), 2–9 (2017)

Vasava VM, Joshi DR (2013) Identification of casting defects by computer simulation. Int J Eng Res Technol 2(8):2550–2555

Muhammad Z., Kriyo S., Abdul Manan T., Yeyes M., (2016). Design and Modeling Fender System For Condensate and Sulphuric Acid Jetty At Senoro Field, Central Sulawesi, ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, https://www.arpnjournals.com

Tapan R. "Analysis of Casting Defects in Foundry by Computerised Simulations (CAE) - A New Approach along with Some Industrial Case Studies" Transaction of 61st Indian foundry congress 2013

Hananto Adam U. Pengaruh Variasi Media Cetakan Pasir, Cetakan Logam, Cetakan RCS (Resin Coated Sand) Terhadap Produk Coran Aluminium, Skripsi, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2016.

Ravi, Casting method optimization driven by simulation, Indian Foundry Cong. 57 (2009) 70–74

Anson J.P., J.E. Gruzleski, Effect of Hydrogen

Hirigo, T. H., & Singh, B. (2019). Design and analysis of sand casting process of mill roller. *International Journal of Advanced Manufacturing* Technology, *105*(5–6), 2183–2214. https://doi.org/10.1007/s00170-019-04270-4

Penulis

EKO JULIANTO PERWIRA
Departemen Teknik Mesin, Universitas Hasanuddin

MUHAMMAD SYAHID
Departemen Teknik Mesin, Universitas Hasanuddin

AZWAR HAYAT
Departemen Teknik Mesin, Universitas Hasanuddin
*email: azwar.hayat@unhas.ac.id