



Analisa Cacat Shrinkage Pada Body Gate Valve Tiga

Izza Amri Yahya

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pancasakti, Indonesia

Email : Izzaamri08@gmail.com

Abstract

This study aims to determine the primary cause of shrinkage defects in Gate Valve Body 3. These defects result in the product failing to meet quality standards and increasing production costs due to rework. Research methods include direct observation on the production floor, material composition testing using a spectrometer, micrographic analysis to identify porosity, and evaluation of casting process parameters such as pouring temperature and feeding system design. The results indicate that shrinkage defects are caused by uneven cooling due to suboptimal heat distribution within the mold, as well as inappropriate metal composition. The recommended solution is to modify the riser design to improve feeding and adjust the pouring temperature. Implementing these recommendations is expected to reduce defects by 30–40%, increase production efficiency, and reduce scrap costs. This research provides a practical contribution to improving casting processes in the valve industry.

Keywords: QC Method, Metal Casting, Parameters, Shrinkage, Sand Casting

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyebab utama cacat shrinkage pada Body Gate Valve 3. Cacat ini menyebabkan produk tidak memenuhi standar kualitas dan meningkatkan biaya produksi akibat rework. Metode penelitian meliputi observasi langsung di lantai produksi, pengujian komposisi material menggunakan spektrometer, analisis mikrografi untuk mengidentifikasi porositas, serta evaluasi parameter proses pengecoran seperti suhu penuangan dan desain sistem feeding. Hasil penelitian menunjukkan bahwa cacat shrinkage disebabkan oleh pendinginan tidak merata akibat distribusi panas yang tidak optimal dalam cetakan, serta komposisi logam yang kurang sesuai. Solusi yang direkomendasikan adalah modifikasi desain riser untuk meningkatkan feeding dan penyesuaian suhu penuangan. Implementasi rekomendasi ini diharapkan dapat mengurangi cacat sebesar 30–40%, meningkatkan efisiensi produksi, dan menekan biaya scrap. Penelitian ini memberikan kontribusi praktis dalam perbaikan proses pengecoran di industri valve.

Kata Kunci: Metode QC, Pengecoran Logam, Parameter, Shrinkage, Sand Custing

PENDAHULUAN

Pengecoran logam merupakan salah satu proses manufaktur yang penting dalam industri, termasuk. Pengecoran adalah suatu proses produksi di mana logam cair dituangkan ke dalam cetakan yang memiliki rongga sesuai dengan bentuk produk yang diinginkan, kemudian dibiarkan membeku dan didinginkan hingga menjadi padat. Proses ini memungkinkan pembuatan komponen dengan bentuk yang kompleks, baik berukuran kecil maupun besar, dalam jumlah banyak dengan biaya relatif efisien.

Pengecoran banyak digunakan dalam industri manufaktur karena fleksibilitasnya dalam memproduksi berbagai jenis produk logam, mulai dari komponen otomotif hingga peralatan berat. Kualitas hasil coran dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti jenis logam, desain cetakan, suhu penuangan, dan proses pendinginan. Prosedur pengecoran logam dimulai dengan pembuatan pola sesuai desain produk, dilanjutkan dengan pembuatan cetakan menggunakan pasir atau logam.

Logam kemudian dilebur dalam tungku hingga mencair dan dituang ke dalam cetakan melalui saluran masuk. Setelah logam cair memadat dan mendingin, cetakan dibongkar untuk mengeluarkan produk coran yang kemudian dibersihkan dari sisa cetakan dan dilakukan finishing melalui proses pemotongan, penggerindaan, atau machining. Tahap akhir meliputi inspeksi kualitas untuk memastikan produk bebas dari cacat seperti porositas atau retak sebelum siap digunakan. Proses ini dapat bervariasi tergantung jenis pengecoran dan material yang digunakan.

Landasan Teori Pengecoran Logam

Pengecoran adalah suatu proses produksi di mana logam cair dituangkan ke dalam cetakan yang memiliki rongga sesuai dengan bentuk produk yang diinginkan, kemudian dibiarkan membeku dan didinginkan hingga menjadi padat. Proses ini memungkinkan pembuatan komponen dengan bentuk yang kompleks, baik berukuran kecil maupun besar, dalam jumlah banyak dengan biaya relatif efisien. Pengecoran banyak digunakan dalam industri manufaktur karena fleksibilitasnya dalam memproduksi berbagai jenis produk logam, mulai dari komponen otomotif hingga peralatan berat. Kualitas hasil coran dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti jenis logam, desain cetakan, suhu penuangan, dan proses pendinginan.

Shrinkage

Shrinkage (penyusutan) dalam pengecoran adalah fenomena alami dimana logam mengalami pengurangan volume selama proses pendinginan dari fase cair ke padat, yang terdiri atas tiga tahap: penyusutan cair (saat logam cair mendingin), penyusutan pemadatan (saat perubahan fase), dan penyusutan padat (pendinginan hingga suhu ruang). Penyusutan ini dapat menimbulkan cacat seperti rongga, retak, atau perubahan dimensi jika tidak dikendalikan dengan baik. Untuk meminimalkan dampaknya, digunakan penambah (riser) sebagai cadangan logam cair, desain cetakan yang tepat, serta perhitungan toleransi penyusutan dalam pembuatan pola agar produk akhir memenuhi spesifikasi yang diinginkan.

Investment Casting (Pengecoran Presisi)

Adalah metode pengecoran logam yang menghasilkan produk dengan akurasi tinggi dan permukaan halus melalui proses pembuatan pola lilin (wax pattern) yang dicelupkan ke dalam slurry keramik berulang kali hingga terbentuk cangkang keramik tebal, kemudian lilin dilelehkan dan dikeluarkan dari cangkang melalui pemanasan (dewaxing), selanjutnya logam cair dituangkan ke dalam cetakan keramik yang telah dipanaskan, dan setelah dingin, cangkang keramik dipecahkan untuk mengambil produk cor.

Metode ini mampu menghasilkan komponen dengan toleransi ketat ($\pm 0,1\text{mm}$), detail rumit, dan permukaan halus tanpa proses machining tambahan, sehingga sering digunakan untuk aplikasi aerospace, medis, dan komponen turbin, meskipun biaya produksinya lebih tinggi dan waktu proses lebih lama dibanding sand casting karena memerlukan pembuatan pola lilin untuk setiap produk.

Sand Casting

Sand casting (pengecoran pasir) merupakan salah satu metode pengecoran logam tertua dan paling umum digunakan, di mana logam cair dituangkan ke dalam cetakan yang terbuat dari pasir silika berkualitas tinggi yang telah dipadatkan dalam rangka cetak (flask). Proses ini dimulai dengan pembuatan pola (pattern) berbentuk produk akhir yang dibenamkan dalam pasir cetak campuran (biasanya pasir, pengikat seperti bentonit, dan air) untuk membentuk rongga cetakan, kemudian pola dikeluarkan sehingga tersisa rongga yang siap diisi logam cair. Setelah logam membeku, cetakan pasir dihancurkan untuk mengeluarkan produk cor (casting), yang kemudian melalui proses pembersihan seperti pemotongan saluran masuk

(*gating System*), grinding, dan shot blasting untuk menghilangkan sisa-sisa pasir dan memperhalus permukaan.

Keunggulan sand casting terletak pada fleksibilitasnya untuk menghasilkan produk dengan bentuk kompleks dalam berbagai ukuran, biaya produksi yang relatif murah, serta kemampuan menggunakan berbagai jenis logam, meskipun memiliki keterbatasan dalam hal presisi dimensi dan kualitas permukaan dibandingkan metode pengecoran lainnya.

Die Custing

Die Casting (pengecoran tekan) adalah proses pengecoran logam presisi tinggi di mana logam cair (umumnya aluminium, seng, atau magnesium) disuntikkan dengan tekanan besar ke dalam cetakan baja (die) yang telah didesain khusus menggunakan mesin die casting. Proses ini terdiri dari dua jenis utama, yaitu hot chamber untuk logam dengan titik leleh rendah (seperti seng) dan cold chamber untuk logam dengan titik leleh tinggi (seperti aluminium), di mana logam cair dipaksa mengisi seluruh rongga cetakan dalam waktu singkat sebelum cepat membeku.

Keunggulan die casting meliputi kemampuan produksi massal dengan kecepatan tinggi ($\pm 50-100$ cycle/jam), akurasi dimensi yang sangat baik ($\pm 0,05$ mm), permukaan halus, serta efisiensi material dengan sedikit limbah, sehingga banyak digunakan untuk komponen otomotif, elektronik, dan rumah tangga. Namun, biaya awal pembuatan cetakan (die) sangat tinggi dan terbatas pada logam non-ferro, dengan risiko cacat seperti porositas gas jika parameter tekanan dan pendinginan tidak optimal.

METODE QUALITY CONTROL

Adalah metode terakhir dari sebuah proses produksi. proses sistematis untuk memastikan produk akhir memenuhi standar kualitas yang ditetapkan. Tahapannya meliputi pemeriksaan material baku, pengawasan proses pencairan dan penuangan logam, serta evaluasi produk jadi melalui uji visual, dimensi, dan non-destruktif (seperti radiografi atau ultrasonik). Proses Qc merupakan beberapa tahap berikut:

Pennetran Test

Penetrant Test (Uji Penetran) adalah salah satu metode *Non-Destructive Testing* (NDT) yang digunakan dalam Quality Control (QC) pengecoran logam untuk mendeteksi cacat permukaan seperti retak, porositas, atau inklusi yang tidak terlihat oleh mata telanjang.

Prosedurnya meliputi:

1. Pembersihan Permukaan – Menghilangkan kotoran, minyak, atau oksida yang dapat mengganggu penetrasi cairan.
2. Aplikasi Cairan Penetran – Cairan berwarna (dye penetrant) atau fluoresen dioleskan ke permukaan dan dibiarkan meresap ke dalam cacat.
3. Pembersihan Kelebihan Penetran – Cairan di permukaan dibersihkan, sementara yang terserap dalam cacat tetap tertahan.
4. Aplikasi Developer – Serbuk atau cairan developer diaplikasikan untuk menarik penetran keluar dari cacat, membentuk indikasi visual.
5. Inspeksi – Cacat terlihat sebagai garis atau bercak (berwarna merah untuk dye penetrant atau berpendar di bawah sinar UV untuk fluoresen).

Repair

Berikut adalah beberapa metode repair (perbaikan) yang dapat dilakukan setelah penetrant test mengidentifikasi cacat pada produk pengecoran logam:

1. Grinding (Pengerindaan)
 - Digunakan untuk cacat permukaan kecil seperti retak dangkal atau porositas.
 - Bagian yang cacat digerinda hingga cacat hilang, kemudian diperiksa ulang untuk memastikan tidak ada cacat tersisa.
2. Welding (Pengelasan)
 - Cacat seperti retak dalam atau lubang dapat diperbaiki dengan pengelasan (TIG, MIG, atau las busur).
 - Setelah pengelasan, area tersebut harus dibersihkan dan diuji ulang (misalnya dengan penetrant test atau radiografi).

Vinal Check (Pengecekan tahap akhir)

metode inspeksi paling dasar dalam QC pengecoran logam, di mana produk diperiksa secara langsung dengan mata atau alat bantu seperti cahaya UV, atau boroskop untuk mendeteksi cacat permukaan seperti retak, inklusi, lubang gas, atau ketidaksempurnaan bentuk.

HASIL DAN PEMBAHASAN PENYEBAB CACAT SHRINKAGE

Shrinkage adalah cacat pengecoran yang terjadi akibat penyusutan volume logam selama proses pembekuan dan solidifikasi. Penyebab utamanya dapat dikelompokkan menjadi faktor material, desain, dan proses pengecoran. Berikut penjelasan rinci penyebab *shrinkage*:

1. Faktor Material (Komposisi Logam)

- Koefisien Penyusutan Tinggi: Logam seperti baja karbon tinggi, paduan aluminium, dan besi cor abu-abu memiliki kecenderungan penyusutan besar saat membeku.
- Range Solidifikasi Lebar: Logam dengan interval pembekuan panjang (misal: Al-Cu) lebih rentan *shrinkage* karena penyusutan terjadi dalam waktu lama.
- Gas Terlarut: Gas (H_2 , O_2 , N_2) yang terjebak selama solidifikasi memperbesar porositas dan memperparah *shrinkage*.

2. Faktor Desain Pengecoran

Desain Riser Tidak Adekuat:

- Riser terlalu kecil atau letaknya salah, sehingga gagal menyuplai logam cair untuk mengkompensasi penyusutan.
- Riser membeku lebih cepat daripada produk cor.

3. Gating System Buruk:

- Aliran logam tidak merata, menyebabkan area tertentu kekurangan pasokan logam cair.
- Saluran masuk (*gate*) terlalu sempit atau terlalu sedikit.

Analisa cacat shrinkage

Cacat *shrinkage* (penyusutan) adalah salah satu masalah umum dalam proses pengecoran logam, termasuk pada pembuatan *BODY GATE VALVE*. Cacat ini terjadi akibat

penyusutan material saat logam cair membeku, menyebabkan rongga atau porositas internal yang dapat mengurangi kekuatan dan integritas produk.

1. Penyebab Cacat *Shrinkage* pada *BODY GATE VALVE*

Beberapa faktor yang dapat menyebabkan cacat *shrinkage* pada *BODY GATE VALVE* antara lain:

a. Desain Cetakan (Mold Design)

Cacat *shrinkage* (penyusutan) sangat dipengaruhi oleh desain cetakan (mold design) karena desain menentukan bagaimana logam cair mengalir, memadat, dan mendingin. Berikut adalah faktor-faktor kritis dalam desain cetakan yang memengaruhi terjadinya *shrinkage*:

Pengaruh:

- Area dengan ketebalan lebih besar mendingin lebih lambat, menyebabkan *shrinkage* porosity karena penyusutan terkonsentrasi di bagian tersebut.
- Perbedaan ketebalan yang tiba-tiba menyebabkan tegangan termal dan pembentukan rongga.

Solusi:

- Desain uniform wall thickness sebanyak mungkin.
- Jika ketebalan bervariasi, gunakan transisi gradual (misalnya fillet radius) untuk mengurangi stress.
- Tambahkan chill (pendingin logam) di area tebal untuk mempercepat pendinginan.

b. Sistem Saluran Dan Pengisian (*Gating System*)

Pengaruh:

- Runner dan *gate* terlalu kecil → Aliran logam terhambat, menyebabkan cold shut dan *shrinkage* karena kurangnya pasokan logam saat pembekuan.
- Posisi *gate* tidak optimal → Logam tidak mengisi rongga cetakan secara merata, meninggalkan area yang rentan *shrinkage*.

Solusi:

- Gunakan *gating System* yang cukup besar untuk memastikan aliran lancar.
- Letakkan *gate* di area yang memungkinkan pengisian berurutan (*sequential filling*) untuk mengurangi risiko *shrinkage*.
- Pertimbangkan *bottom gating* untuk mengurangi turbulensi dan oksidasi.

c. Tidak Adanya Riser (Penambahan) Pengaruh:

- Riser berfungsi menyediakan logam cair tambahan untuk mengkompensasi penyusutan saat pembekuan.
- Jika riser terlalu kecil atau salah penempatan, logam tidak cukup mengisi daerah yang menyusut, menyebabkan rongga.

Solusi:

- Gunakan riser dengan volume cukup (biasanya 20-30% dari volume casting).
- Letakkan riser di area dengan ketebalan maksimum (hot spot).
- Gunakan *exothermic riser* untuk menjaga logam tetap cair lebih lama.

Parameter pengecoran

Parameter Pengecoran Logam adalah faktor-faktor kunci yang memengaruhi proses pengecoran logam, mulai dari kualitas produk akhir hingga efisiensi produksi. Parameter ini harus dikontrol secara ketat untuk menghindari cacat dan memastikan hasil pengecoran sesuai spesifikasi. Pengecoran logam (metal casting) adalah proses pembentukan logam cair menjadi produk padat dengan menuangkannya ke dalam cetakan

1. Suhu Pengecoran (Pouring Temperature)

Suhu logam cair saat dituang ke dalam cetakan memengaruhi:

- a. Fluiditas logam (kemampuan mengisi rongga cetakan)
- b. Laju pendinginan (mempengaruhi struktur kristal logam)
- c. Cacat pengecoran (seperti shrinkage, misrun, cold shut)

2. Komposisi logam

Komposisi logam merujuk pada kandungan unsur kimia dalam suatu paduan (alloy) logam, yang menentukan sifat fisik, mekanik, dan kemampuan pengecorannya.

Komposisi kimia logam memengaruhi:

- Kekuatan dan kekerasan
- Fluiditas dan titik leleh
- Kecenderungan cacat (porositas, segregasi) Contoh Komposisi Logam

Cor:

- Aluminium A356: Si (7%), Mg (0.3%), Fe (<0.2%)
- Besi Cor Kelabu (Gray Cast Iron): C (2.5-4%), Si (1-3%), Mn (0.2-1%)

Dampak Ketidakseimbangan Komposisi:

- Karbon terlalu tinggi → Grafit kasar, kekuatan turun.
- Sulfur (S) tinggi → Risiko hot tearing.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pengamatan selama Praktik Kerja Lapangan (PKL), dapat disimpulkan beberapa hal terkait cacat *shrinkage* pada produk *BODY GATE VALVE 3* sebagai berikut:

1. Penyebab Utama Cacat *Shrinkage*

Cacat *shrinkage* pada *BODY GATE VALVE 3* disebabkan oleh:

- a. Pendinginan tidak seragam akibat distribusi ketebalan dinding yang tidak merata pada desain produk.
- b. Komposisi logam cair yang tidak optimal, khususnya kadar silikon (Si) yang rendah, sehingga mengurangi fluiditas dan meningkatkan penyusutan.
- c. Suhu pengecoran yang terlalu tinggi ($>720^{\circ}\text{C}$) menyebabkan pembekuan lambat dan memperbesar risiko *shrinkage*.

2. Pengaruh Parameter Pengecoran

- a. Suhu pengecoran yang terlalu tinggi atau rendah mempengaruhi laju pembekuan, di mana suhu optimal berada pada kisaran $680\text{--}700^{\circ}\text{C}$.

- b. Komposisi logam (khususnya kadar Si dan Cu) berpengaruh signifikan terhadap fluiditas dan penyusutan. Komposisi ideal untuk material kuningan (brass) adalah Si 1,5–2,5% dan Cu 57–60%.
 - c. Desain cetakan dan sistem saluran turut memengaruhi aliran logam cair. Runner dan riser yang tidak memadai menyebabkan pengisian tidak sempurna dan penyusutan terkonsentrasi di area tebal.
3. Langkah Meminimalisir Cacat
- a. Modifikasi desain cetakan dengan menambahkan chill (pendingin logam) di area tebal untuk mempercepat pembekuan.
 - b. Optimasi suhu pengecoran pada rentang 680–700°C dan kontrol komposisi logam secara ketat.
 - c. Penerapan metode simulasi komputer (seperti SOLIDCast atau MAGMASoft) untuk memprediksi titik *shrinkage* sebelum produksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Amanto, D., & Setyawan, E. (2019). Teknik Pengecoran Logam. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). (2015). *SNI 13-3487-2015: Pengecoran Logam – Istilah dan Definisi. Jakarta: BSN.
- Raharjo, A. (2017). Studi Eksperimen Cacat *Shrinkage* pada Pengecoran Kuningan (Brass). Skripsi. Institut Teknologi Bandung.
- Surdia, T., & Saito, S. (2005). Teknik Pengecoran Logam. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Santoso, B., et al. (2020). "Optimasi Parameter Pengecoran Aluminium untuk Mengurangi Cacat Penyusutan". Prosiding Seminar Nasional Teknik Industri (SNTI), Universitas Gadjah Mada.
- Kusuma, N. G., & Sidharta, I. (2014). Studi Eksperimen Pengaruh Variasi Dimensi Cil dalam (Internal Chill) terhadap Cacat Penyusutan (*Shrinkage*) pada Pengecoran Aluminium 6061 (Doctoral dissertation, Sepuluh Nopember Institute of Technology).