

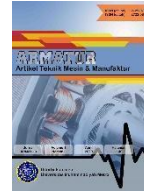


Contents list available at [Sinta](https://sinta)

ARMATUR

: Artikel Teknik Mesin & Manufaktur

Journal homepage: <https://scholar.ummetro.ac.id/index.php/armatur>



ANALISIS CACAT PENGECORAN LOGAM PADA PROSES SAND CASTING BERDASARKAN PENGARUH *POURING TIME*, SUHU *TAPPING*, DAN SUHU *POURING* PADA PT. X

Ahmad Roihan Al Muttaqi^{1*}

Prodi Teknik Material dan Metalurgi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
, Jl. Raya ITS, Sukolilo Surabaya 60111

ARTICLE INFO

Keywords:

*Sand Casting,
Casting Defects Analysis,
Pouring Time,
Temperature Evaluation,
Process Control*

ABSTRACT

The sand casting process is widely used due to its flexibility in producing components with complex geometries. However, casting defects remain a major issue because they reduce product quality and increase production losses. This study analyzes the relationship between pouring time, tapping temperature, and pouring temperature with defect tendencies in cast-iron deckdrain products at PT X. A descriptive quantitative method was applied using production observation data collected during internship activities on January 12–15, 2026. The analysis included visual defect identification, product classification, pouring time measurement, and temperature evaluation from tapping to pouring. Six dominant defects were identified: misrun, blow hole, cold shut, metal penetration, rat tail, and inclusion. The average pouring time was highest in the body part at 19.39 s, followed by grating at 11.22 s and filter at 7.14 s. Tapping temperature ranged from 1592–1673 °C, while pouring temperature ranged from 1510–1605 °C, with an average temperature drop of 52.75 °C. These findings indicate that heat loss and variation in pouring time may reduce fluidity and increase the risk of incomplete filling, particularly misrun and cold shut defects. Process control should focus on part-specific pouring time and pouring temperature, supported by evaluation of the gating system, mold venting, and sand mold stability.

*Corresponding author: 5011231105@student.its.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.24127/armatur.v7i2.11789>

Received 4 June 2026; Received in revised form 13 June 2026; Accepted 14 June 2026

Available online 1 September 2026

Pendahuluan

Proses *sand casting* masih menjadi metode pengecoran yang luas digunakan karena fleksibel untuk berbagai geometri dan material, namun industri masih menghadapi tingkat *reject* yang dipicu cacat seperti porositas, *misrun*, inklusi pasir, dan cacat permukaan yang berdampak langsung pada biaya kualitas serta produktivitas. Literatur mutu manufaktur menegaskan bahwa program pengendalian cacat perlu diarahkan pada perbaikan proses yang sistematis agar variasi proses dapat ditekan dan *yield* meningkat [1]. Dalam konteks *sand casting*, pendekatan kuantitatif dan analisis makro semakin penting untuk memetakan pola cacat dan mengarahkan keputusan perbaikan, terutama pada komponen yang sensitif terhadap ketidakstabilan aliran dan pembekuan [2].

Upaya pengendalian proses *sand casting* umumnya diarahkan pada pengendalian aliran logam cair dan pola pembekuan melalui rekayasa desain sistem saluran (*gating*) serta penambahan elemen pengarah solidifikasi seperti *riser* dan *chiller*. Studi terdahulu pada pengecoran *sand casting stainless steel* menunjukkan bahwa evaluasi *gating system*, *riser*, dan *chiller* dapat menurunkan kecenderungan cacat yang berkaitan dengan pengisian dan pembekuan [3]. Penelitian lain mengenai desain *gating system* juga menegaskan bahwa rancangan *gating* yang stabil dapat menurunkan turbulensi, mengurangi gas terperangkap, dan meningkatkan kualitas coran [4]. Pada komponen bergeometri kompleks, evaluasi desain aliran menjadi pendekatan penting untuk membaca potensi cacat dan menjaga kestabilan kualitas produk cor [5].

Selain desain aliran, kualitas material cetakan dan konsistensi karakteristik pasir berpengaruh besar terhadap cacat pada *sand casting*. Ketidaksesuaian sifat pasir, seperti distribusi ukuran butir, komposisi, dan perilaku termal, dapat memicu cacat berupa inklusi, *surface scabs*, hingga ketidakstabilan dimensi [6]. Dalam praktik industri, pemanfaatan pasir reklamasi dapat mendukung efisiensi biaya dan keberlanjutan, tetapi parameter prosesnya perlu dikontrol agar porositas, inklusi pasir,

blowholes, dan *shrinkage* dapat diminimalkan [7]. Pada level metodologis, optimasi proses pengecoran perlu dibangun dari pembacaan parameter proses yang terukur karena cacat muncul akibat interaksi kompleks antara aliran logam cair, perpindahan panas, solidifikasi, dan kondisi cetakan [8].

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif deskriptif dengan pendekatan analitis. Data utama berasal dari pengamatan proses produksi *deckdrain* berbahan besi cor di PT X selama 12–15 Januari 2026. Komposisi kimia logam tidak diuji secara mandiri dan tidak dijadikan variabel penelitian, sehingga analisis dibatasi pada parameter proses penuangan dan cacat visual produk. Variabel yang dianalisis meliputi *pouring time*, suhu *tapping*, suhu *pouring*, jumlah *charge*, dan penurunan suhu dari *tapping* ke *pouring*. Pemilihan variabel ini didasarkan pada pentingnya parameter proses dan kondisi material cetak dalam memengaruhi kecenderungan cacat pada *sand casting* [6], [9], [10].

Data dikumpulkan melalui studi literatur, observasi lapangan, inspeksi visual, serta rekapitulasi data produksi. Inspeksi dilakukan pada produk setelah pembersihan sisa *molding* dan *gating system* agar permukaan cacat dapat diamati dengan jelas. Peralatan pendukung yang digunakan meliputi penggaris atau meteran, spidol putih, sikat baja, dan palu kikis untuk membantu penandaan serta pembersihan area cacat. Produk kemudian diklasifikasikan ke dalam kategori *OK*, *repair*, dan *reject* berdasarkan kondisi visualnya. Pendekatan inspeksi visual dan pencatatan makro digunakan karena metode tersebut dapat mengenali lokasi, pola permukaan, dan indikasi awal porositas sebelum dihubungkan dengan parameter proses [2], [11], [12].

Parameter proses yang dicatat terdiri atas *pouring time* per bagian produk, yaitu *body*, *grating*, dan saringan, serta suhu *tapping* dan suhu *pouring* pada setiap *charge*. *Pouring time body* tercatat pada rentang 17,70–20,53 s, *grating* pada rentang 9,89–12,55 s, dan saringan sebesar 7,14 s. Suhu *tapping* berada pada

rentang 1592–1673 °C, sedangkan suhu *pouring* berada pada rentang 1510–1605 °C. Selisih kedua suhu tersebut dihitung untuk mengetahui kehilangan panas selama transfer logam cair menuju cetakan. Pencatatan riwayat proses seperti ini diperlukan agar data cacat dapat ditelusuri kembali ke kondisi proses yang terukur [13], [14].

Analisis data dilakukan dengan menghitung rata-rata (*mean*), rentang nilai, dan penurunan suhu harian, kemudian membandingkannya dengan jenis cacat yang muncul pada produk. Istilah rata-rata dalam Tabel 2 dan Tabel 3 merujuk pada nilai *mean* aritmetika dari data pengamatan yang tersedia. Hasil analisis tidak digunakan untuk menyimpulkan pengaruh komposisi kimia karena komposisi tidak diuji dalam penelitian ini. Interpretasi difokuskan pada hubungan kecenderungan antara parameter penuangan, kehilangan panas, dan cacat dominan seperti *misrun*, *cold shut*, *blow hole*, dan *inclusion* [9], [14].

Dalam konteks laporan magang, fokus pembahasan diarahkan pada produk *deckdrain* PT X dengan tahapan pembersihan sisa *molding* dan *gating system*, penyortiran hasil cor ke dalam kategori *reject*, *repair*, dan *OK*, identifikasi jenis cacat, serta analisis data *pouring time*, suhu *tapping*, dan suhu *pouring*. Penelitian ini berfokus pada analisis kuantitatif deskriptif berbasis data observasi lapangan, sehingga pembahasan tidak diarahkan pada pemodelan lanjutan di luar data yang tersedia. Kerangka ini sesuai dengan penelitian yang memanfaatkan data proses aktual sebagai dasar pengendalian *foundry* dan keputusan korektif berbasis parameter produksi [15].

Hasil dan Pembahasan

Hasil observasi pada produk *deckdrain* menunjukkan enam cacat dominan, yaitu *misrun*, *blow hole*, *cold shut*, *metal penetration*, *rat tail*, dan *inclusion*. Keenam cacat tersebut mewakili masalah keterisian cetakan, gas terperangkap, interaksi logam-cetakan, dan kebersihan logam cair yang secara langsung memengaruhi kelayakan visual maupun fungsional produk. Ringkasan temuan cacat

disajikan pada Tabel 1, sedangkan dokumentasi visualnya ditunjukkan pada Gambar 1.

Tabel 1. Ringkasan cacat dominan pada *deckdrain*

Jenis cacat	Indikasi visual utama	Implikasi terhadap mutu
<i>Misrun</i>	Bagian geometri cor tidak terisi penuh atau membentuk profil yang tidak lengkap.	Menurunkan kesesuaian bentuk dan berpotensi membuat produk tidak layak pakai.
<i>Blow hole</i>	Terdapat lubang atau rongga terbuka pada permukaan hasil cor.	Mengurangi kualitas permukaan dan mengindikasikan gas terperangkap.
<i>Cold shut</i>	Muncul garis sambungan aliran yang tidak menyatu sempurna.	Menunjukkan ketidaksempurnaan pengisian dan potensi titik lemah lokal.
<i>Metal penetration</i>	Permukaan cor kasar karena logam meresap ke sela butir pasir cetak.	Meningkatkan kebutuhan <i>finishing</i> dan menurunkan mutu permukaan.
<i>Rat tail</i>	Terlihat alur atau lekukan linear tak beraturan pada permukaan.	Menunjukkan deformasi lokal pada dinding cetakan.
<i>Inclusion</i>	Terdapat partikel asing yang ikut membeku pada permukaan/ <i>near-surface</i> .	Menurunkan kebersihan logam dan mutu visual produk.



Gambar 1. Dokumentasi visual cacat dominan pada *deckdrain*

Data *pouring time* memperlihatkan perbedaan yang jelas antarbagian *deckdrain*. *Body* memiliki durasi penuangan terpanjang dengan rata-rata 19,39 s, diikuti *grating* 11,22 s, dan saringan 7,14 s. Rentang durasi pada *body* berada antara 17,70–20,53 s, sedangkan *grating* berada antara 9,89–12,55 s. Rata-rata yang digunakan merupakan nilai *mean* dari data pengamatan yang tersedia. Ringkasan data tersebut disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Ringkasan *pouring time deckdrain* per part

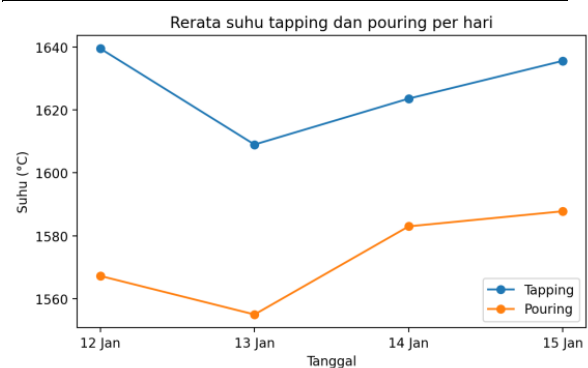
Part	Hari pengamatan tersedia	Rata-rata durasi (s)	Rentang (s)
Body	12, 13, 14, dan 15 Januari 2026	19,39	17,70–20,53
Grating	14 dan 15 Januari 2026	11,22	9,89–12,55
Saringan	12 Januari 2026	7,14	7,14–7,14

Rekap suhu proses menunjukkan suhu *tapping* berada pada kisaran 1592–1673 °C dan suhu *pouring* pada kisaran 1510–1605 °C. Secara keseluruhan, rata-rata penurunan suhu dari *tapping* ke *pouring* mencapai 52,75 °C.

Rata-rata suhu *pouring* harian terendah terjadi pada 13 Januari 2026, sedangkan rata-rata suhu *pouring* harian tertinggi terjadi pada 15 Januari 2026. Ringkasan suhu harian ditunjukkan pada Tabel 3 dan kecenderungannya divisualisasikan pada Gambar 2.

Tabel 3. Ringkasan suhu *tapping* dan *pouring* harian

Tanggal	Jumlah charge	Rata-rata tapping (°C)	Rata-rata pouring (°C)	Rata-rata penurunan (°C)
12 Januari 2026	4	1639,50	1567,25	72,25
13 Januari 2026	6	1609,00	1555,00	54,00
14 Januari 2026	5	1623,60	1583,00	40,60
15 Januari 2026	5	1635,60	1587,80	47,80



Gambar 2. Rata-rata suhu *tapping* dan *pouring* per hari

B. Pembahasan

Pola cacat yang ditemukan menunjukkan bahwa persoalan mutu pada *deckdrain* bukan berasal dari satu mekanisme tunggal, melainkan dari kombinasi masalah keterisian cetakan, gas terperangkap, interaksi logam-cetakan, dan kebersihan logam cair. Dalam teori cacat pengecoran pasir, *misrun* dan *cold shut* lazim muncul ketika fluiditas menurun atau aliran

logam kehilangan panas sebelum rongga terisi sempurna [9]. Munculnya *blow hole* dan *inclusion* pada produk yang sama memperlihatkan bahwa stabilitas aliran dan pelepasan gas juga belum terkendali secara memadai [16]. Berdasarkan pola cacat yang teridentifikasi, enam jenis cacat tersebut menunjukkan bahwa pengendalian proses perlu diperlakukan sebagai sistem terpadu.

Perbedaan *pouring time* antarbagian pada Tabel 2 memperlihatkan pengaruh geometri terhadap risiko cacat. *Body* memerlukan durasi paling lama karena volume dan lintasan alirnya lebih besar sehingga lebih rentan terhadap penurunan temperatur lokal selama pengisian. Secara teoritis, keterlambatan pengisian pada geometri berdinding relatif tipis akan meningkatkan peluang *misrun* dan *cold shut* karena logam mulai membeku sebelum front aliran menyatu sempurna [14]. Temuan ini sejalan dengan kajian yang menunjukkan bahwa kondisi pengisian dan lintasan solidifikasi memengaruhi lokasi cacat pada *sand casting* [3]. Karena itu, standardisasi *pouring time* sebaiknya dibedakan menurut bagian, bukan diseragamkan untuk seluruh komponen *deckdrain*.

Data suhu pada Tabel 3 menunjukkan bahwa meskipun suhu *tapping* berada pada tingkat tinggi, penurunan suhu menuju *pouring* masih cukup besar dan berubah setiap saatnya. Kehilangan panas seperti ini penting karena suhu tuang yang mendekati batas bawah operasional akan menurunkan fluiditas dan memperbesar risiko *incomplete filling*, terutama pada jalur aliran yang panjang [17]. Pada 13 Januari 2026, rata-rata suhu *pouring* tercatat sebagai yang terendah sehingga data tersebut menunjukkan kecenderungan kondisi yang lebih rentan terhadap *misrun* dan *cold shut*. Kajian optimasi proses juga menunjukkan bahwa kestabilan temperatur selama transfer dan penuangan merupakan faktor kunci untuk mengurangi variasi mutu coran [18].

Namun, suhu tidak dapat dibaca sebagai variabel tunggal. *Blow hole* mengindikasikan bahwa pelepasan gas dan permeabilitas cetakan belum optimal, sedangkan *metal penetration* dan *rat tail* menunjukkan bahwa respons termal cetakan pasir turut berkontribusi terhadap cacat

permukaan. Literatur tentang *foundry sands* menegaskan bahwa karakter butir, kepadatan, dan perilaku termal pasir memengaruhi evolusi gas, stabilitas cetakan, dan kecenderungan penetrasi logam [6]. Pengamatan ini juga konsisten dengan temuan bahwa bentuk butir dan kekasaran pasir berpengaruh terhadap perubahan temperatur *sand core* selama proses pengecoran [12]. Dengan demikian, pengendalian parameter suhu tanpa pengendalian mutu pasir dan ventilasi cetakan berpotensi hanya memindahkan jenis cacat, bukan menurunkannya secara nyata.

Dari sudut pandang evaluasi proses, kombinasi *misrun*, *cold shut*, *blow hole*, dan *inclusion* mengarah pada kebutuhan evaluasi ulang *gating system*, jalur ventilasi, dan tata kelola transfer logam cair. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa desain *gating* yang lebih stabil dapat menurunkan turbulensi, mengurangi gas terperangkap, dan memperbaiki kualitas coran [4]. Pemanfaatan data proses aktual juga relevan untuk membangun pengendalian *foundry* yang lebih konsisten karena keputusan korektif dapat dihubungkan langsung dengan parameter lapangan yang direkam [15]. Penelitian ini tidak mengklaim penurunan cacat setelah tindakan perbaikan karena data sebelum dan sesudah implementasi belum tersedia. Oleh sebab itu, rekomendasi yang diajukan bersifat evaluatif, yaitu menetapkan batas operasi *pouring time* dan suhu *pouring* untuk tiap bagian, lalu menindaklanjutinya dengan validasi desain saluran dan ventilasi pada penelitian atau implementasi lanjutan.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, cacat dominan pada produk *deckdrain* hasil proses *sand casting* di PT X terdiri atas *misrun*, *blow hole*, *cold shut*, *metal penetration*, *rat tail*, dan *inclusion*. Keenam jenis cacat tersebut menunjukkan bahwa permasalahan mutu tidak hanya disebabkan oleh satu faktor, tetapi merupakan hasil interaksi antara keterisian cetakan, kestabilan aliran logam cair, pelepasan gas, kondisi permukaan cetakan, dan kebersihan logam selama proses penuangan.

Data *pouring time* menunjukkan bahwa setiap bagian *deckdrain* memiliki kebutuhan waktu penuangan yang berbeda. Bagian *body* memiliki rata-rata durasi penuangan tertinggi sebesar 19,39 s, diikuti *grating* sebesar 11,22 s dan saringan sebesar 7,14 s. Perbedaan ini menunjukkan bahwa geometri dan volume bagian produk memengaruhi waktu pengisian cetakan. Durasi penuangan yang lebih panjang berpotensi meningkatkan kehilangan panas lokal sehingga memperbesar risiko cacat akibat ketidaksempurnaan pengisian, terutama *misrun* dan *cold shut*.

Hasil rekapitulasi suhu menunjukkan bahwa suhu *tapping* berada pada rentang 1592–1673 °C, sedangkan suhu *pouring* berada pada rentang 1510–1605 °C. Rata-rata penurunan suhu dari *tapping* ke *pouring* mencapai 52,75 °C. Kondisi ini menunjukkan adanya kehilangan panas selama proses transfer logam cair menuju cetakan. Penurunan suhu yang terlalu besar dapat menurunkan fluiditas logam cair sehingga kemampuan pengisian rongga cetakan menjadi lebih rendah, terutama pada bagian dengan lintasan aliran yang panjang atau geometri yang lebih kompleks.

Pengendalian kecenderungan cacat pada proses *sand casting* sebaiknya difokuskan pada pengendalian parameter dasar proses, terutama penetapan standar *pouring time* dan suhu *pouring* untuk setiap bagian produk *deckdrain*. Selain itu, evaluasi terhadap desain *gating system*, jalur ventilasi cetakan, dan kondisi pasir cetak juga diperlukan untuk menekan cacat yang berkaitan dengan turbulensi, gas terperangkap, penetrasi logam, serta inklusi. Karena penelitian ini berbasis observasi tanpa data sebelum dan sesudah perbaikan, simpulan diarahkan pada evaluasi penyebab dan rekomendasi pengendalian proses, bukan klaim penurunan cacat secara langsung.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT X yang telah memberikan kesempatan, fasilitas, dan akses data selama pelaksanaan kegiatan magang, khususnya pada proses pengamatan produk *deckdrain* hasil *sand casting*. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada pembimbing lapangan dan pihak terkait di area produksi yang telah membantu proses observasi, pencatatan data *pouring time*, suhu *tapping*, suhu *pouring*, serta identifikasi cacat coran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada dosen pembimbing yang telah memberikan arahan akademik dalam penyusunan artikel ini. Penelitian ini tidak menerima pendanaan khusus dari lembaga pendanaan publik, komersial, atau nirlaba.

Referensi:

- [1] Sadikin, M. A. (2023). Defect Reduction in The Manufacturing Industry: Systematic Literature Review. 5(2).
- [2] Maulana, J., W, M. A. P., Rachmanda, M. H., F, R. A., & Lubis, D. Z. (2024). Quantitative Macro Defect Analysis in Sand Casting: 3D Simulation and Porosity Assessment in Ashtray Patterns. 09(2), 121–129. <https://doi.org/10.21831/dinamika.v9i2.77486>
- [3] Jurković, K., Schauerl, Z., Šolić, S., & Bauer, B. (2024). Numerical Simulation of Sand Casting of Stainless Steel.
- [4] Galcik, M., Pastircak, R., & Kantorikova, E. (2024). Effect of Gating System Design on the Quality of Aluminum Alloy Castings.
- [5] Jin, C. K. (2025). Casting Simulation-Based Design for Manufacturing Backward-Curved Fan with High Shape Difficulty. 1–16.
- [6] Gara, P., Wisła-Walsh, E., & Bajda, T. (2024). Evaluating the Appropriateness of Selected Foundry Sands for the Casting of Reactor Housings: A Study Based on Physicochemical Characterization Outcomes. 1–21.

- [7] Yeshanew, D. A., Tolessa, B., & Singh, B. (2026). Experimental investigation and optimization of reclaimed sand-casting parameters for the aluminum alloy casting process.
- [8] Rao, R. V. (2025). Optimization of Different Metal Casting Processes Using Three Simple and Efficient Advanced Algorithms. 1–44.
- [9] Sertucha, J., & Lacaze, J. (2022). Casting Defects in Sand-Mold Cast Irons—An Illustrated Review with Emphasis on Spheroidal Graphite Cast Irons. 1–80.
- [10] Futas, P., Pribulova, A., Petrik, J., Blasko, P., Junakova, A., & Sabik, V. (2023). Metallurgical Quality of Cast Iron Made from Steel Scrap and Possibilities of Its Improvement. 1–10.
- [11] Łucarz, M., Garbacz-Klempka, A., Drożyński, D., Skrzyński, M., & Kostrzewa, K. (2023). Mechanical Reclamation of Spent Moulding Sand on Chromite.
- [12] Ha, T., Kim, J., Lee, Y., Kang, B., & Kim, Y. (2025). Effect of Roundness and Surface Roughness of Foundry Sand on the Temperature Change of Sand Cores for Aluminum Casting.
- [13] Deng, F., Li, R., & Klan, S. (2024). Traceability System of Sand Core in Casting Production with a Digital-Twin Core Rack. *International Journal of Metalcasting*, 18(3), 2525–2532. <https://doi.org/10.1007/s40962-023-01192-6>
- [14] Šolc, M., Blaško, P., Petr, J., Girmanov, L., Blaškov, A., Maľysa, T., & Furman, J. (2024). Simulation Models in a Fluidity Test of the Al-Si Alloy.
- [15] Baitiang, C., Weiß, K., Krüger, M., Volk, W., & Lechner, P. (2024). Data-Driven Process Analysis for Iron Foundries with Automatic Sand Molding Process. *International Journal of Metalcasting*, 18(2). <https://doi.org/10.1007/s40962-023-01080-z>
- [16] Ullah, A., Shah, P., Bhuiyan, A., Noman, K., & Ul, W. (2024). Defects and remedies in casting processes: a combinatorial approach between manual and digital optimization technique for enhanced quality casting.
- [17] Neuser, M., Grydin, O., Andreiev, A., & Schaper, M. (2021). Effect of Solidification Rates at Sand Casting on the Mechanical Joinability of a Cast Aluminium Alloy.
- [18] Xie, S., Lv, Z., & Dong, S. (2024). Study on the Optimization of Investment Casting Process of Exhaust Elbow for High-Power Engine. 1–12.