

Optimasi Parameter Suhu Manifold dan Tekanan Injeksi Pada Proses Injection Blow Molding Untuk Meminimalkan Cacat Flashing Produk Botol Hdpe 120 ML

Kris Witono*, Miftahul Karim Amrullah

Politeknik Negeri Malang

DOI:

<https://doi.org/10.47134/jme.v2i3.4474>

*Correspondence: Miftahul Karim Amrullah

Email:

miftahulkarimamrullah7@gmail.com

Received: 25-05-2025

Accepted: 25-06-2025

Published: 25-07-2025



Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan parameter suhu manifold dan tekanan injeksi pada proses *Injection Blow Molding* (IBM) guna meminimalkan cacat flashing pada produk botol HDPE berukuran 120 mL. Cacat flashing merupakan kelebihan material yang membeku di sekitar bibir cetakan dan berpengaruh terhadap kualitas akhir produk. Metode yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif eksperimental dengan desain faktorial. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah suhu manifold (250°C, 255°C, 260°C) dan tekanan injeksi (45 bar, 50 bar, 55 bar). Penelitian ini dilakukan menggunakan mesin IBM dengan pengukuran cacat flashing pada masing-masing kombinasi parameter menggunakan *vernier kaliper* digital presisi. Hasil analisis ANOVA dua arah menunjukkan bahwa kedua parameter, baik suhu manifold maupun tekanan injeksi, memberikan pengaruh signifikan terhadap ukuran cacat flashing. Suhu manifold memberikan kontribusi sebesar 32,18% dan tekanan injeksi sebesar 64,75% terhadap variasi data. Kombinasi optimal diperoleh pada suhu manifold 250°C dan tekanan injeksi 45 bar, yang menghasilkan cacat flashing terkecil sebesar 0,07 mm. Analisis regresi dan grafik interaksi mengindikasikan bahwa terdapat hubungan interaktif antara kedua parameter terhadap cacat flashing. Dengan demikian, pengaturan simultan suhu dan tekanan sangat penting untuk mengontrol cacat dan meningkatkan kualitas produk dalam proses IBM. Hasil penelitian ini dapat dijadikan acuan dalam pengaturan proses produksi botol plastik maupun produk sejenis lainnya.

Kata Kunci: IBM, Flashing, Suhu Manifold, Tekanan Injeksi, Optimasi

Pendahuluan

Proses *Injection Blow Molding* (IBM) merupakan salah satu metode yang umum digunakan dalam produksi kemasan plastik, khususnya botol berbahan HDPE. Namun, proses ini seringkali menghadapi permasalahan berupa cacat produk, salah satunya adalah flashing, yaitu munculnya kelebihan material di sekitar bibir cetakan yang mengeras dan menurunkan kualitas visual serta fungsional produk (Qomariah & Dani, 2023).

Cacat flashing pada proses IBM di PT. X berdampak pada tingginya angka produk tidak layak, sehingga tidak memenuhi standar kualitas pelanggan. Fenomena ini diduga kuat disebabkan oleh ketidaktepatan dalam pengaturan parameter proses, terutama suhu

manifold dan tekanan injeksi, yang memengaruhi aliran dan pendinginan material selama pembentukan produk (Sugiyanto, Chan, & Taopik, 2023) (Hadi, 2019).

Tekanan injeksi yang terlalu tinggi dapat menyebabkan material melewati celah cetakan dan menghasilkan cacat flashing. Sebaliknya, suhu manifold yang tidak optimal akan memengaruhi viskositas dan waktu pembekuan material, yang juga dapat memicu munculnya cacat (Sitanggang et al, 2024) (Astuti & Rinaldi, 2021). Oleh karena itu, diperlukan pengaturan yang tepat dan simultan terhadap kedua parameter tersebut untuk menghasilkan produk yang bebas cacat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi suhu manifold dan tekanan injeksi terhadap ukuran cacat flashing, serta menentukan kombinasi parameter yang paling optimal. Hasil yang diperoleh diharapkan dapat menjadi acuan dalam pengendalian proses dan peningkatan kualitas produk botol HDPE berkapasitas 120 mL.

Penelitian yang dilakukan berlandaskan pada beberapa penelitian terdahulu yang relevan. Diantaranya penelitian yang dilakukan oleh Sulung Wibawansyah, Ali Akbar (2024). Pada penelitian ini dengan judul Identifikasi Cacat Produk Pada Proses Injection Molding. Metode injection molding, yaitu proses pengolahan biji polimer termoplastik menjadi produk melalui cetakan. Namun, produk yang dihasilkan sering mengalami kecacatan seperti short shot, flash, sink mark, dan lainnya. Penyebab utama cacat meliputi ketidaksesuaian material, kurangnya pengecekan pada panel kontrol, serta kesalahan desain cetakan (mold).

Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Ramadhan Araya Ismoyo et al. (2022) dalam studi berjudul Optimizing Injection Molding Parameters to Minimize and Predict Potential for Flashing Defects, yang menunjukkan bahwa optimasi parameter proses, khususnya tekanan dan suhu injeksi, berperan penting dalam meminimalkan serta memprediksi potensi terjadinya cacat flashing pada produk injection molding

Penelitian ini berfokus pada pengaruh temperatur manifold dan tekanan injeksi 3 pada mesin Injection Blow Molding (IBM) terhadap cacat flashing pada produk botol HDPE berkapasitas 120 mL. Cacat flashing merupakan salah satu jenis kecacatan umum yang terjadi akibat kelebihan material yang keluar dari celah cetakan selama proses injeksi, dan dapat dipengaruhi oleh kombinasi suhu dan tekanan (Qomariah & Dani, 2023).

Penelitian ini menggunakan tiga level pengujian untuk menguji keakuratan sistem, yaitu variasi temperatur manifold sebesar 250°C, 255°C, dan 260°C, serta tekanan injeksi 3 sebesar 45 bar, 50 bar, dan 55 bar. Prinsip kerja mesin injection blow molding dimulai dari proses injeksi material HDPE cair ke dalam cetakan, diikuti pembentukan produk botol menggunakan tekanan udara. Setelah material membeku dan mendingin, cetakan dibuka untuk mengeluarkan produk akhir (Zhejiang Keli Plastic Machinery Co).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur manifold dan tekanan injeksi 3 terhadap tingkat keakuratan produk dengan mengurangi cacat flashing. Kedua parameter tersebut diyakini berperan penting dalam menjaga stabilitas proses dan kualitas produk. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pengaturan suhu dan tekanan yang optimal dapat secara signifikan mengurangi

kemungkinan cacat, termasuk flashing, dalam proses injection molding (Ismoyo et al., 2022; Sitanggang et al, 2024).

Dengan demikian, hipotesis dalam penelitian ini dapat dirumuskan bahwa variasi temperatur manifold dan tekanan injeksi 3 berpengaruh signifikan terhadap tingkat keakuratan produk botol 120 ml dengan mengurangi cacat flashing. Interaksi antara kedua variabel tersebut juga dipertimbangkan untuk melihat apakah kombinasi tertentu memberikan hasil yang lebih optimal. Secara statistik, hipotesis nol (H_0) menyatakan bahwa tidak terdapat pengaruh signifikan dari temperatur manifold, tekanan injeksi 3, maupun interaksinya terhadap cacat flashing pada produk botol 120 ml. Sebaliknya, hipotesis alternatif (H_1) menyatakan bahwa terdapat pengaruh signifikan dari salah satu atau kombinasi dari kedua variabel tersebut terhadap performa sistem produksi botol 120 ml.

Metodologi

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimental yang didukung oleh tinjauan pustaka dari berbagai sumber yang relevan. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk menentukan kombinasi parameter optimal suhu manifold dan tekanan injeksi 3 yang efektif dalam mengurangi cacat flashing pada produk botol 120 ml yang diproduksi menggunakan mesin injection blow molding. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif eksperimental dengan desain percobaan faktorial (*Design of Experiment/DOE*) untuk menganalisis pengaruh interaksi antara suhu manifold dan tekanan injeksi 3 terhadap tingkat keparahan cacat *flashing*.

Variabel bebas yang diuji meliputi suhu manifold dengan tiga level (250°C, 255°C, dan 260°C) dan tekanan injeksi 3 dengan tiga level (45 bar, 50 bar, dan 55 bar). Dengan menggunakan desain faktorial, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pengaruh utama dan interaksi antara kedua variabel independen tersebut terhadap variabel terikat, yaitu tingkat keparahan cacat flashing, serta menentukan kombinasi parameter optimal yang dapat meminimalkan terjadinya cacat flashing pada produk botol 120 ml. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam optimalisasi proses produksi dan peningkatan kualitas produk pada industri manufaktur yang menggunakan teknologi injection blow molding.

Hasil dan Pembahasan

Tabel berikut menampilkan ukuran cacat flashing untuk setiap kombinasi:

Tabel 1. Data hasil eksperimen

No	Variabel Bebas		Ukuran cacat Flashing		
	Temperatur	tekanan injeksi	(per shot A , B , C)		
	Manifold	Inject 3	A (ada 3 produk)	B (ada 3 produk)	C (ada 3 produk)
1	250°C	45 Bar	0.07 mm	0.07 mm	0.07 mm
			0.07 mm	0.07 mm	0.07 mm
			0.07 mm	0.07 mm	0.07 mm

No	Variabel Bebas		Ukuran cacat Flashing		
	Temperatur	tekanan injeksi	(per shot A , B , C)		
	Manifold	Inject 3	A (ada 3 produk)	B (ada 3 produk)	C (ada 3 produk)
2	250°C	50 Bar	0.10 mm	0.10 mm	0.10 mm
			0.10 mm	0.10 mm	0.10 mm
			0.10 mm	0.10 mm	0.10 mm
3	250°C	55 Bar	0.13 mm	0.13 mm	0.13 mm
			0.13 mm	0.13 mm	0.13 mm
			0.13 mm	0.13 mm	0.13 mm
4	255°C	45 Bar	0.09 mm	0.09 mm	0.09 mm
			0.09 mm	0.09 mm	0.09 mm
			0.09 mm	0.09 mm	0.09 mm
5	255°C	50 Bar	0.14mm	0.14mm	0.14mm
			0.14mm	0.14mm	0.14mm
			0.14mm	0.14mm	0.14mm
6	255°C	55 Bar	0.19mm	0.19mm	0.19mm
			0.19mm	0.19mm	0.19mm
			0.19mm	0.19mm	0.19mm
7	260°C	45 Bar	0.11 mm	0.11 mm	0.11 mm
			0.11 mm	0.11 mm	0.11 mm
			0.11 mm	0.11 mm	0.11 mm
8	260°C	50 Bar	0.16mm	0.16mm	0.16mm
			0.16mm	0.16mm	0.16mm
			0.16mm	0.16mm	0.16mm
9	260°C	55 Bar	0.21 mm	0.21 mm	0.21 mm
			0.21 mm	0.21 mm	0.21 mm
			0.21 mm	0.21 mm	0.21 mm

Analisis statistik

1. Analisis ANOVA dua arah

Analysis of Variance

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Manifold	2	0,005600	32,18%	0,005600	0,002800	21,00	0,008
Inject 3	2	0,011267	64,75%	0,011267	0,005633	42,25	0,002
Error	4	0,000533	3,07%	0,000533	0,000133		
Total	8	0,017400	100,00%				

Berdasarkan analisis ANOVA dua arah, suhu manifold dan tekanan Inject 3 memiliki pengaruh signifikan terhadap cacat flashing. Suhu manifold berkontribusi sekitar 32,18% terhadap variasi data, sedangkan tekanan Inject 3 memberikan kontribusi yang lebih besar, yaitu sekitar 64,75%. Dengan nilai error yang rendah (3,07%), model ANOVA ini cukup akurat dalam menjelaskan pengaruh kedua faktor tersebut terhadap cacat flashing.

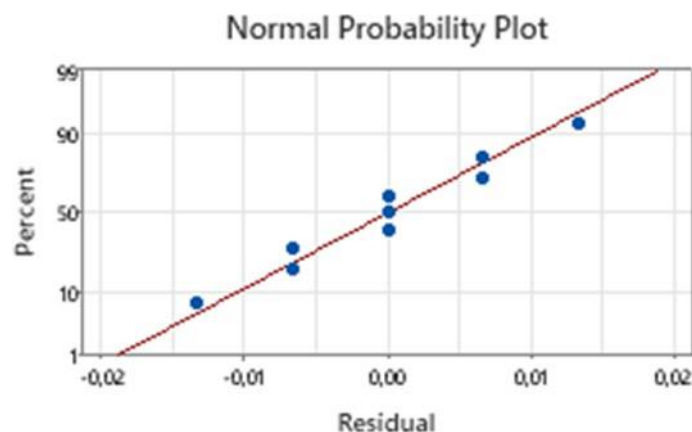
2. Analisis koefisien regresi

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	95% CI	T-Value	P-Value	VIF
Constant	0,13333	0,00385	(0,12265; 0,14402)	34,64	0,000	
Manifold						
250	-0,03333	0,00544	(-0,04845; -0,01822)	-6,12	0,004	1,33
255	0,00667	0,00544	(-0,00845; 0,02178)	1,22	0,288	1,33
Inject 3						
45	-0,04333	0,00544	(-0,05845; -0,02822)	-7,96	0,001	1,33
50	0,00000	0,00544	(-0,01511; 0,01511)	0,00	1,000	1,33

Berdasarkan analisis koefisien, suhu manifold dan tekanan Inject 3 mempengaruhi rata-rata cacat flashing secara berbeda-beda. Pada suhu manifold 250°C, cacat flashing menurun signifikan sebesar 0,03333 mm dibandingkan dengan suhu 260°C. Sementara itu, tekanan Inject 3 sebesar 45 Bar juga menurunkan cacat flashing signifikan sebesar 0,04333 mm dibandingkan dengan 55 Bar. Analisis juga menunjukkan tidak ada multikolinearitas antara variabel bebas, sehingga model regresi yang digunakan stabil dan dapat diandalkan.

3. Normal probability plot



Gambar 1. Normal probability plot

Grafik normal probability plot menunjukkan bahwa data terdistribusi mendekati garis lurus, yang berarti residual model ANOVA berdistribusi normal dan menandakan bahwa model yang digunakan cukup valid (Montgomery, 2017).

4. Uji perbandingan antar level (Fisher LSD)

Grouping Information Using Fisher LSD Method and 95% Confidence

Manifold	N	Mean	Grouping
260	3	0,16	A
255	3	0,14	A
250	3	0,10	B

Means that do not share a letter are significantly different.

a. Suhu manifold

Suhu manifold 250°C terbukti paling efektif dalam mengurangi cacat flashing, dengan ukuran cacat yang signifikan lebih rendah dibandingkan suhu 255°C dan 260°C. Analisis statistik menunjukkan perbedaan signifikan antara suhu 250°C dengan suhu 255°C ($P = 0,013$) dan 260°C ($P = 0,003$), sedangkan suhu 255°C dan 260°C tidak

Grouping Information Using Fisher LSD Method and 95% Confidence

Inject	3 N	Mean	Grouping
55	3	0,176667	A
50	3	0,133333	B
45	3	0,090000	C

Means that do not share a letter are significantly different.

menunjukkan perbedaan signifikan ($P = 0,101$). Hasil pengelompokan juga mengkonfirmasi bahwa suhu 250°C memiliki tingkat cacat yang lebih rendah dibandingkan dengan suhu lainnya.

b. Tekanan injeksi 3

Fisher Individual Tests for Differences of Means

Difference of Manifold Levels	Difference of Means	SE of Difference	Individual 95% CI	T-Value	P-Value
255 - 250	0,04000	0,00943	(0,01382; 0,06618)	4,24	0,013
260 - 250	0,06000	0,00943	(0,03382; 0,08618)	6,36	0,003
260 - 255	0,02000	0,00943	(-0,00618; 0,04618)	2,12	0,101

Simultaneous confidence level = 89,66%

Fisher Individual Tests for Differences of Means

Difference of Inject Levels	Difference of Means	SE of Difference	Individual 95% CI	T-Value	P-Value
50 - 45	0,04333	0,00943	(0,01716; 0,06951)	4,60	0,010
55 - 45	0,08667	0,00943	(0,06049; 0,11284)	9,19	0,001
55 - 50	0,04333	0,00943	(0,01716; 0,06951)	4,60	0,010

Simultaneous confidence level = 89,66%

Tekanan injeksi 45 Bar merupakan level optimal dalam meminimalkan cacat flashing, dengan ukuran cacat yang signifikan lebih rendah dibandingkan tekanan 50 Bar dan 55 Bar. Analisis statistik menunjukkan perbedaan signifikan antara tekanan 45 Bar dengan 50 Bar ($P = 0,010$) dan 55 Bar ($P = 0,001$), serta antara tekanan 50 Bar dan 55 Bar ($P = 0,010$). Hasil pengelompokan juga mengkonfirmasi bahwa tekanan 45 Bar memiliki tingkat cacat paling rendah, diikuti oleh tekanan 50 Bar dengan tingkat cacat sedang, dan tekanan 55 Bar dengan tingkat cacat tertinggi.

5. Evaluasi model (Model Summary)

Model Summary

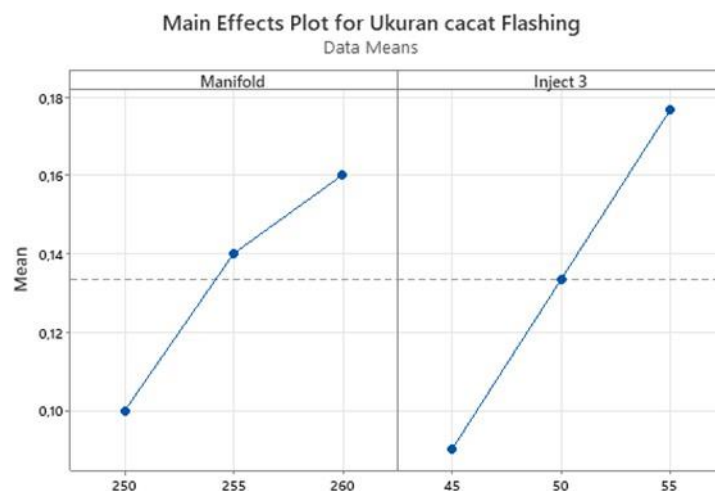
S	R-sq	R-sq(adj)	PRESS	R-sq(pred)	AICc	BIC
0,0115470	96,93%	93,87%	0,0027	84,48%	-8,06	-48,88

Model ANOVA yang digunakan dalam menganalisis pengaruh suhu manifold dan tekanan injeksi terhadap cacat flashing memiliki kualitas yang baik. Nilai standard error yang rendah (0,0115470) menunjukkan bahwa model memiliki akurasi yang tinggi dalam memprediksi data. Nilai R-squared yang tinggi (96,93%) menunjukkan bahwa model dapat menjelaskan sebagian besar variasi dalam ukuran cacat flashing. Selain itu, nilai adjusted R-squared (93,87%) dan predicted R-squared (84,48%) juga menunjukkan bahwa model kuat dan dapat diandalkan dalam memprediksi data baru. Nilai PRESS yang rendah (0,0027) dan nilai AICc dan BIC yang negatif (-8,06 dan -48,88) juga mendukung validitas dan efisiensi model.

a. Analisis interaksi faktor

Grafik interaksi menunjukkan bahwa peningkatan tekanan injeksi memberikan dampak yang berbeda-beda tergantung pada kondisi suhu manifold. Pada suhu manifold yang tinggi (260°C), peningkatan tekanan injeksi menyebabkan lonjakan ukuran cacat flashing yang lebih signifikan dibandingkan dengan suhu yang lebih rendah, yaitu 250°C dan 255°C. Temuan ini mengindikasikan adanya interaksi yang signifikan antara suhu manifold dan tekanan injeksi, di mana pengaruh salah satu faktor bergantung pada kondisi faktor lainnya. Oleh karena itu, pengendalian cacat flashing tidak dapat dilakukan dengan mengatur satu parameter secara terpisah, melainkan harus mempertimbangkan kedua parameter secara simultan. Hasil ini juga diperkuat oleh studi sebelumnya yang menunjukkan bahwa kombinasi suhu tinggi dan tekanan tinggi cenderung meningkatkan risiko cacat akibat menurunnya viskositas material, sehingga material lebih mudah keluar melalui celah cetakan (Kim & Turng, 2014) (Wang & Yu, 2020).

1. Main effect plot



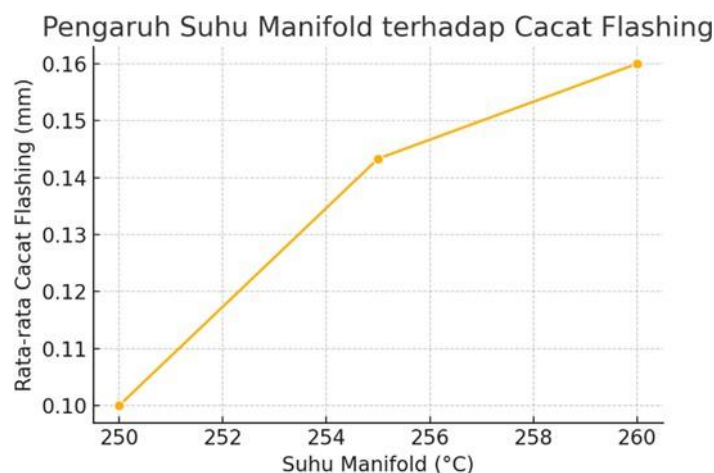
Gambar 2. main effect plot

Berdasarkan hasil analisis Main Effect Plot, diketahui bahwa suhu manifold dan tekanan injeksi memiliki pengaruh signifikan terhadap ukuran cacat flashing. Namun demikian, tekanan injeksi terbukti sebagai faktor yang lebih dominan dalam memengaruhi kualitas produk. Hal ini terlihat dari kemiringan garis pada grafik yang menunjukkan bahwa peningkatan tekanan dari 45 bar menjadi 55 bar menyebabkan lonjakan ukuran cacat flashing yang lebih tajam dibandingkan dengan peningkatan suhu manifold dalam rentang 250°C hingga 260°C.

Kemiringan garis yang lebih curam pada variabel tekanan menunjukkan bahwa perubahan kecil pada tekanan memberikan dampak yang lebih besar terhadap respons dibandingkan dengan perubahan suhu. Temuan ini diperkuat oleh hasil penelitian Astuti dan Rinaldi (2021) yang menunjukkan bahwa tekanan injeksi memberikan kontribusi paling besar terhadap kemunculan cacat pada produk botol PET, dibandingkan dengan parameter proses lainnya.

2. Analisis grafik dan dasar ilmiah

a. Grafik pengaruh suhu manifold terhadap cacat flashing



Gambar 3. grafik pengaruh suhu manifold terhadap cacat flashing

Gambar grafik pengaruh temperatur dan tekanan injeksi menunjukkan bahwa semakin rendah suhu manifold, khususnya pada 250°C, semakin kecil cacat flashing yang dihasilkan.

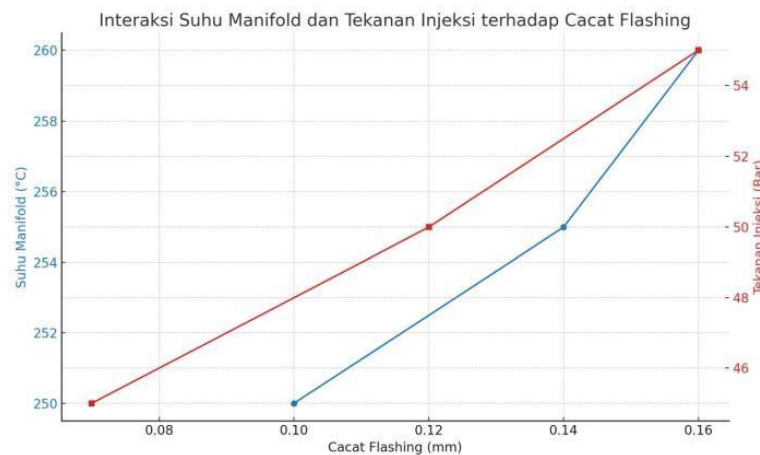
b. Grafik pengaruh tekanan inject 3 terhadap cacat flashing



Gambar 4. grafik pengaruh tekanan inject 3 terhadap cacat flashing

Gambar grafik tekanan injeksi 3 menunjukkan bahwa semakin tinggi tekanan injeksi, semakin besar cacat flashing yang terbentuk. Tekanan 45 Bar menghasilkan cacat paling kecil, sedangkan pada tekanan yang lebih tinggi, khususnya 55 hingga 60 Bar, terjadi peningkatan cacat yang signifikan.

c. Grafik interaksi pengaruh temperatur manifold dan tekanan inject 3 terhadap cacat flashing



Gambar 5. grafik pengaruh suhu manifold dan tekanan inject 3 terhadap cacat flashing

Gambar di atas menunjukkan hubungan interaktif antara suhu manifold dan tekanan injeksi terhadap besar cacat flashing pada proses injection blow molding. Terlihat bahwa seiring dengan meningkatnya cacat flashing dari 0.08 mm hingga 0.16 mm, baik suhu manifold maupun tekanan injeksi juga mengalami peningkatan. Suhu manifold naik dari 250°C menjadi 260°C, sementara tekanan injeksi meningkat dari 45 bar menjadi 55 bar.

Pola peningkatan ini menunjukkan bahwa kedua variabel bebas, yaitu suhu

manifold dan tekanan injeksi 3, memiliki pengaruh yang signifikan terhadap terbentuknya cacat flashing. Hal ini mengindikasikan bahwa pengendalian parameter suhu dan tekanan secara bersamaan sangat penting dalam meminimalkan cacat produk.

Simpulan

Penelitian ini merupakan studi eksperimental kuantitatif yang bertujuan untuk menganalisis pengaruh suhu manifold dan tekanan injeksi terhadap cacat flashing pada produk botol HDPE berkapasitas 120 mL yang diproduksi menggunakan proses Injection Blow Molding (IBM). Penelitian menggunakan desain faktorial 3x3 dengan kombinasi tiga level suhu manifold (250°C, 255°C, dan 260°C) dan tiga level tekanan injeksi 3 (45 bar, 50 bar, dan 55 bar). Hasil analisis menunjukkan bahwa kedua parameter memiliki pengaruh signifikan terhadap terbentuknya cacat flashing. Tekanan injeksi memiliki pengaruh dominan dengan kontribusi sebesar 64,75%, sedangkan suhu manifold berkontribusi sebesar 32,18%. Kombinasi parameter paling optimal ditemukan pada suhu manifold 250°C dan tekanan injeksi 45 bar, yang menghasilkan ukuran cacat flashing terkecil sebesar 0,07 mm. Selain itu, terdapat interaksi antara suhu manifold dan tekanan injeksi, yang menunjukkan bahwa kedua parameter tersebut tidak dapat dikendalikan secara terpisah dalam proses produksi.

Temuan dalam penelitian ini memberikan kontribusi praktis bagi industri manufaktur plastik, khususnya dalam upaya mengoptimalkan proses produksi botol HDPE agar lebih efisien dan menghasilkan produk dengan kualitas tinggi (Hassan & Ismail, 2018). Rekomendasi parameter optimal yang diperoleh, yaitu suhu manifold 250°C dan tekanan injeksi 45 bar, sejalan dengan pendekatan optimasi yang digunakan dalam penelitian sebelumnya melalui metode eksperimental dan pemodelan statistik (Montgomery, 2017; Yuliyanto & Anggraini, 2022). Oleh karena itu, hasil penelitian ini dapat dijadikan acuan dalam penetapan parameter proses yang lebih tepat, terukur, dan berbasis data pada lini produksi nyata. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar mempertimbangkan penambahan variabel lain seperti waktu siklus, desain cetakan, serta jenis material plastik yang berbeda guna memperluas ruang lingkup dan generalisasi hasil penelitian.

Selain itu, penerapan metode simulasi numerik atau pemodelan proses, serta evaluasi efisiensi biaya terhadap parameter yang dioptimalkan, juga perlu dilakukan untuk mendukung implementasi hasil secara lebih komprehensif dalam dunia industri. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan menjadi pijakan awal dalam pengembangan sistem kendali proses Injection Blow Molding yang lebih presisi, adaptif, dan berorientasi pada peningkatan kualitas produk secara berkelanjutan.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih yang sebesar-besarnya disampaikan kepada Politeknik Negeri Malang atas dukungan akademik dan fasilitas pendukung selama proses penyusunan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pihak industri tempat penelitian dilaksanakan atas izin, bantuan teknis, dan akses terhadap data serta sarana di lingkungan

produksi yang sangat membantu kelancaran pengambilan data. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat nyata bagi industri, institusi, dan pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik.

Daftar Pustaka

- Astuti, D. S., & Rinaldi, M. (2021). Analisis Pengaruh Parameter Proses terhadap Kualitas Produk Botol PET pada Mesin Blow Molding. *Jurnal Teknologi dan Industri*, 9(2), 45–52.
- Bahtiyar, Y., & Firmansyah, N. (2019). Analisis Kecepatan Injection Moulding Terhadap Cacat Produk Tutup Botol 180 ML. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, 2(2), 17–22. <https://doi.org/10.31004/jutin.v2i2.448>
- Chevron Phillips Chemical, n.d. Marlex® HXM 50100 Technical Specifications. [online] Chevron Phillips Chemical. Tersedia di: <https://www.cpchem.com> [Diakses 26 Februari 2025].
- Fran Tranggono, J., & Adi, P. (2022). Upaya Penurunan Kecacatan Mulut Botol Melipat menggunakan Metode DMAIC di PT. XYZ. *Jurnal Titra*, 10(2), 625– 632.
- Hadi, R. (2019). Pengaruh Tekanan dan Suhu Injeksi terhadap Cacat Produk pada Mesin Molding Plastik. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 15(1), 22–28.
- Hassan, M. H., & Ismail, A. F. (2018). A review on the development and challenges of injection blow molding process. *Materials Today: Proceedings*, 5(9), 18906–18913.
- Kim, J., & Turng, L. S. (2014). Injection blow molding simulation for complex bottle geometries. *Polymer Engineering & Science*, 54(1), 27–36. <https://doi.org/10.1002/pen.23556>
- Lanang, Y. A., Nuryosuwito, & Rhohman, F. (2020). Perbandingan Pemakaian Hasil Pirolisis Plastik HDPE dengan Premium Terhadap Kerja Mesin Menggunakan ANSYS. *Seminar Nasional Inovasi Teknologi*, 299–304.
- Mesin DAYA Cina. (nd). Tentang Mesin DAYA. Diakses pada 28 Februari 2025, dari <https://www.dayamachinery.com/id/about-daya-machinery/>
- Mitutoyo Corporation. (2022). Digital Vernier Caliper Specifications & Features. Tokyo: Mitutoyo
- Montgomery, D. C. (2017). *Design and Analysis of Experiments* (9th ed.). Wiley.
- Nasrudin & Permata, E. (2024). Analisis System Kerja Mesin Injection Molding Haitian Ma2000 Pada Produksi Super Mop di PT Bolde Makmur Indonesia. *Venus: Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik*, 2(3), 01–19. <https://doi.org/10.61132/venus.v2i3.286>
- Qomariah, S. & Dani, A. (2023). Pengaruh Inject Pressure Dan Clamping Force Terhadap Cacat Flashing Pada Proses Injection Molding Cover Pot. *Jurnal Energi dan Teknologi Manufaktur*, 6(01), 21–28. <https://doi.org/10.33795/jetm.v6i01.2855>
- Sitanggang, R., Gede Indra Partha, C., & Wayan Arta Wijaya, I. (2024). Analisis Pengaruh Suhu Pemanasan, Waktu Pemanasan Dan Suhu Pembukaan Terhadap Cacat Warpage Dan Flashing Pada Mesin Hot Press Plastik Hdpe. 11(1), 58–65.

-
- Sugiyanto, D., Chan, Y., & Taopik, A. (2023). Pengaruh Temperatur Dan Tekanan Terhadap Hasil Cetakan Polypropylene Menggunakan Mesin Injection Molding Vertikal. *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur*, 8(2), 131–141. <https://doi.org/10.21009/jkem.8.2.7>
- Sulung Wibawansyah, S. W. (2024). Identify Product Defects In The Injection Molding Process. *Procedia of Engineering and Life Science*, 7, 223–226. <https://doi.org/10.21070/pels.v7i0.1448>
- Wang, X., & Yu, L. (2020). Optimization of process parameters in injection molding using response surface methodology. *Journal of Manufacturing Processes*, 58, 339–347.
- Wanplas Group. (n.d.). Titik leleh dan suhu cetakan injeksi HDPE. Wanplas Group. <https://www.wanplasgroup.com> (Diakses pada 26 Februari 2025)
- Yoshananda, M. M., Fatkhurrozak, F., & Sanjaya, F. L. (n.d.). Pengaruh Suhu Terhadap Barang Jadi Mesin Molding.
- Yuliyanto, A., & Anggraini, F. (2022). Perbandingan Optimasi Suhu dan Tekanan pada Produk Molding dengan Metode Taguchi. *Jurnal Inovasi Mesin*, 6(1), 1
- Zhejiang Keli Plastic Machinery Co., Ltd. (n.d.). Injection Blow Molding Machine SZCX Series. Diakses 26 Februari 2025 dari <http://www.keli-china.com>