

Analisis Cacat Produk Dimensi Diameter *Snap* Tidak Standar pada Botol 100 ml Berbahan Dasar *High-Density Polyethylene* (HDPE)

Achmad Afiq Ananda Putra¹
Widia Setiawan²
Braam D. Prihadianto³
Galuh Bahari⁴

^{1,2,3,4}Departemen Teknik Mesin, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada, Jln. Yacarana, Sekip Unit VI, Catur Tunggal, Sleman, Yogyakarta 55281, Indonesia

²Korespondensi penulis: widia_s@ugm.ac.id

Article Info: Received: February 18, 2025 Accepted: March 16, 2025 Available online: April 19, 2025

DOI: 10.30588/jeemm.v9i1.2152

Abstract: Extrusion blow molding is a process used to form plastic bottles, with High-Density Polyethylene (HDPE) being the most commonly used material. A defect in the snap diameter that did not meet the standard was identified during the production of 100 ml bottles at PT X Jakarta, potentially reducing product quality and affecting its functionality. This study aims to identify the root causes of this defect and propose corrective actions and improvements to enhance product quality. The methodology includes using a Fishbone Diagram to determine the root causes, applying the 5W+1H analysis to develop corrective action proposals, and implementing the Poka-Yoke method as an improvement strategy. The findings indicate that the defects are caused by three main factors: human, method, and machine. Human-related factors include a lack of operator understanding of quality standards, insufficient training, and a limited number of technicians. Method-related factors involve inadequate maintenance and improper bottle handling, while machine-related factors include mold dimension changes, dirty die heads, and the need for machining parameter adjustments. The proposed corrective actions for human factors involve regular training, the provision of Standard Operating Procedures (SOPs), visual guidelines, and additional technicians. Machine-related improvements include periodic inspections, die head cleaning, and machining parameter testing, while method-related improvements focus on scheduled preventive maintenance and proper bottle runner arrangement. Further improvements involve implementing the Poka-Yoke method by installing an alarm siren that activates when air compressor pressure falls below the standard and adding markings to help operators better understand machine parameters during production.

Keywords: Extrusion Blow Molding, Product Defects, Fishbone Diagram, 5W+1H, Poka-Yoke

Abstrak: Extrusion blow molding adalah proses pembentukan plastik menjadi botol dengan High-Density Polyethylene (HDPE) sebagai bahan yang paling umum digunakan. Cacat pada dimensi diameter *snap* yang tidak sesuai standar ditemukan dalam produksi botol 100 ml di PT X Jakarta, yang berpotensi menurunkan kualitas produk dan memengaruhi fungsinya. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab utama cacat tersebut serta mengusulkan perbaikan dan *improvement* guna meningkatkan kualitas produk. Metode yang digunakan mencakup *Fishbone Diagram* untuk menentukan akar masalah, analisis 5W+1H untuk menyusun usulan perbaikan, serta penerapan metode *Poka-Yoke* sebagai bentuk *improvement*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa cacat produk disebabkan oleh faktor manusia, metode, dan mesin. Faktor manusia meliputi kurangnya pemahaman operator terhadap standar kualitas, minimnya pelatihan, serta keterbatasan jumlah teknisi. Faktor metode berkaitan dengan kurangnya pemeliharaan berkala dan proses perapihan botol yang tidak tepat, sedangkan faktor mesin meliputi perubahan dimensi *mold*, kondisi *die head* yang kotor, serta perlunya pengujian variasi parameter pemesinan. Usulan perbaikan pada faktor manusia mencakup pelatihan rutin, penyediaan SOP, panduan visual, dan penambahan teknisi. Perbaikan pada faktor mesin meliputi inspeksi berkala, pembersihan *die head*, dan pengujian parameter pemesinan, sedangkan faktor metode ditingkatkan melalui *preventive maintenance* dan perapihan *runner* botol.

Improvement dilakukan dengan menerapkan *Poka-Yoke*, seperti pemasangan alarm sirine saat tekanan *air compressor* di bawah standar serta penanda (*marking*) untuk membantu operator memahami parameter mesin selama produksi.

Kata Kunci: *Extrusion Blow Molding*, Cacat Produk, *Fishbone Diagram*, 5W+1H, *Poka-Yoke*

I. Pendahuluan

Pengendalian kualitas merupakan langkah penting yang harus dilakukan oleh perusahaan untuk mengontrol segala hal yang dapat merugikan. Tujuan dari pengendalian kualitas adalah untuk menghasilkan produk yang sesuai dengan standar, memiliki kualitas maksimal dan dapat diproduksi dalam waktu yang efisien (Faritsy & Syaifuddin, 2023). Salah satu cara untuk mencapai hal tersebut dilakukan upaya peningkatan kualitas secara berkala sehingga produk menjadi lebih baik dan berkualitas. Upaya peningkatan kualitas secara berkala dilakukan dengan memperbaiki kerusakan pada peralatan produksi dan menerapkan pemeriksaan kualitas produk. Produk yang akan dipasarkan kepada konsumen harus melewati tahapan pengecekan secara mendetail agar dapat dipastikan sebagai produk yang berkualitas (Wicaksono & Yuamita, 2022). Kualitas produk menjadi salah satu ciri khas yang dapat memberikan kontribusi terhadap pemenuhan kebutuhan konsumen. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas produk secara langsung memengaruhi keputusan konsumen dalam melakukan pembelian. Oleh karena itu, setiap perusahaan perlu menjaga kualitas produknya untuk tetap memenuhi kebutuhan dan ekspektasi konsumen (Basjir & Suhartini, 2022).

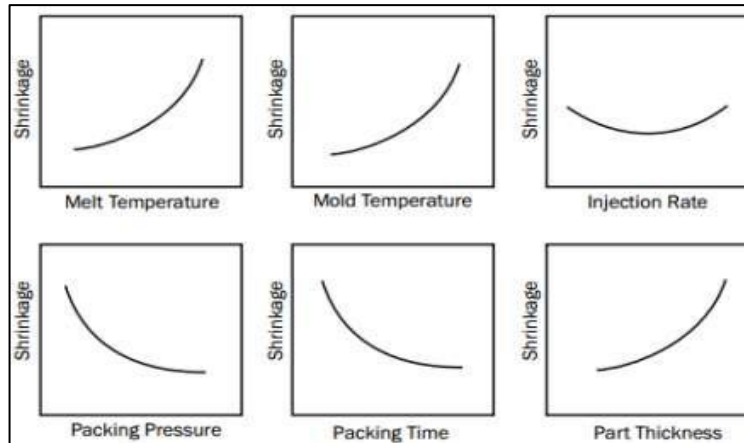
PT X Jakarta adalah perusahaan kosmetik yang memproduksi sendiri botol plastik untuk kemasan produk kosmetiknya yang terbuat dari material *High-Density Polyethylene* (HDPE). Perusahaan mengembangkan produknya dengan memproduksi berbagai jenis botol, seperti botol berkapasitas 35 ml, 100 ml, 150 ml, dan lainnya. Proses pembuatan botol menggunakan mesin *Extrusion Blow Molding* (EBM). Pada EBM, metode pembuatan produk plastik berongga dengan cara mengekstrusi plastik cair dalam bentuk tabung (*parison*), kemudian meniupnya ke dalam cetakan untuk membentuk produk akhir (Xiao et al., 2023). Produk akhir yang sudah membentuk dan mendingin akan keluar kemudian dilakukan pengecekan kualitas dari botol tersebut oleh operator produksi dan tim *Quality Control* (QC) sebelum dikirim ke proses selanjutnya.

Pada bulan Juni 2024, PT X Jakarta mendapat *lot size* (jumlah yang dipesan) untuk botol 100 ml sebanyak 30.000 pcs botol. Tetapi total botol yang jadi hanya sebanyak 29.260 pcs produk, karena terdapat 100 pcs botol untuk sampel tim QC dan sisa nya merupakan produk yang tidak memenuhi spesifikasi sehingga diolah kembali menjadi *crumbs* (remah-remah) yang nantinya akan digunakan sebagai material campuran untuk memproduksi botol baru. Produk yang tidak memenuhi spesifikasi tersebut diantaranya mengalami cacat produk seperti bintik hitam, mata ikan atau bolong dan *overcut*. Botol sebanyak 29.260 pcs tersebut dikirimkan ke pusat untuk dilakukan proses produksi selanjutnya yaitu pengisian *liquid* kosmetik dan pengemasan produk. Akan tetapi, saat proses pengemasan ditemukan hampir semua botol tidak dapat ditutup menggunakan *cap* botol dengan kondisi tutup botol membal dan tutup mudah terlepas dari botol. Botol 100 ml yang mengalami cacat produk tersebut kemudian dikembalikan ke pabrik untuk dilakukan perbaikan kualitas botol 100 ml. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis penyebab utama cacat tersebut serta memberikan usulan perbaikan dan memberikan *improvement* guna meningkatkan kualitas produk.

II. Dasar Teori

a. *Shrinkage*

Shrinkage atau penyusutan adalah fenomena yang terjadi akibat perubahan volume material plastik selama proses pendinginan dan pemadatan dalam cetakan (Moldblade, 2021). Menurut Mukras (2020) beberapa faktor yang dapat menyebabkan *shrinkage* berlebih di luar batas toleransi meliputi *melt temperature*, *mold temperature*, *injection rate*, *packing pressure*, *packing time*, dan *part thickness* sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Efek Parameter Proses Terhadap Shrinkage
(Berihun & Bogale, 2022)

Shrinkage diukur berdasarkan standar ISO 294-4:2018 untuk menentukan Tingkat penyusutan pada bagian hasil cetakan (Nasir et al., 2021). Metode pengukuran shrinkage ini dilakukan dengan membandingkan dimensi awal cetakan dengan dimensi akhir spesimen setelah proses pendinginan. Penyusutan ini biasanya dinyatakan dalam persentase (% shrinkage) dan dapat dirumuskan:

$$\text{Shrinkage} = \frac{\Delta L}{L} (\%) \dots\dots\dots(1)$$

Faktor penyusutan (shrinkage) ditentukan oleh jenis material yang digunakan dalam proses pencetakan. Setiap material memiliki tingkat penyusutan yang berbeda, bergantung pada sifat termalnya, orientasi molekul, serta kondisi pendinginan dalam cetakan. Untuk menghitung ukuran shrinkage pada cavity maupun core, biasanya digunakan rumus umum yang mempertimbangkan faktor-faktor tersebut sebagai berikut (Anggono, 2005).

$$\text{Faktor Shrinkage} = 1 + \frac{\Delta L}{L} \dots\dots\dots(2)$$

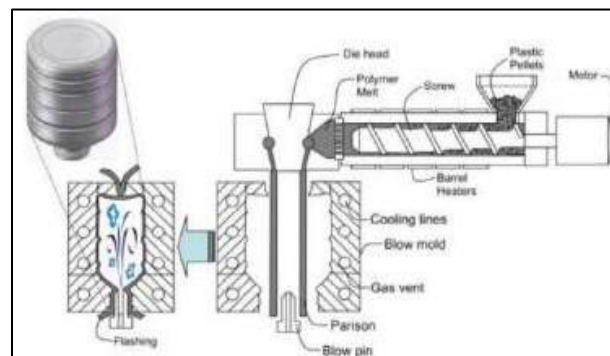
Tabel 1 Shrinkage Factor berdasarkan Material

Material	Shrinkage (%)
ABS	0,4-0,7
LDPE	1,5-5
HDPE	2-5
LLDPE	2-4
PP	1-2,5

Sumber: (Karaki et al., 2024) (MatWeb, 2025)

b. *Extrusion Blow Molding (EBM)*

Mesin EBM pada proyek akhir ini menggunakan sistem *continuous extrusion*.



Gambar 2 Proses Extrusion Blow Molding (Stanley et al., 2023)

Menurut Belcher (2023), *continuous extrusion* adalah proses pengeluaran *parison* secara terus-menerus yang didorong oleh sekrup *ekstruder* sehingga plastik cair terdorong keluar melalui *die head*. *Parison* yang keluar terus menerus akan dipotong menggunakan *hot cutter*. Setelah *parison* dipotong, *clamping unit* dan *mold* akan bergerak ke stasiun *blow molding* untuk proses pembentukan benda kerja dengan memberi tekanan udara pada *blow pin*. Setelah *parison* terbentuk menjadi benda kerja, produk dikeluarkan dari cetakan.

c. High-Density Polyethylene (HDPE)

HDPE banyak digunakan untuk produksi botol susu dan bahan makanan lainnya, deterjen rumah tangga dan bahan kimia, peralatan mandi pribadi dan kemasan obat karena memiliki sifat material yang kuat, keras, buram, dan lebih tahan terhadap suhu tinggi (Al-Sammerrai & Al-Nidawy, 2021). Jenis HDPE yang digunakan yaitu HDPE HD5502GA yang mempunyai material properties dapat dilihat pada Tabel 2.

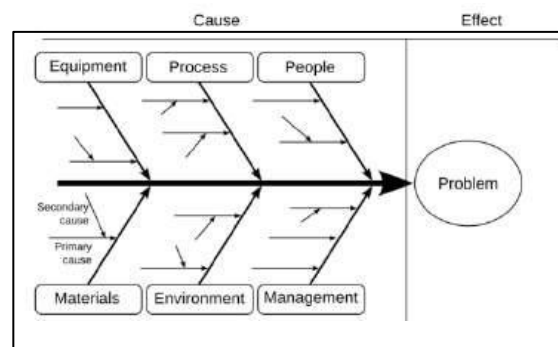
Tabel 2 Material Properties HDPE

Properties	Value	Unit
Density	0,952	g/cm3
Melt Flow Rate (190 °C/2,16kg)	0,38	g/10 menit
Melting Point	131	°C
Tensile Stress at Yield	26	Mpa

Sumber: (PT. Lotte Chemical Titan Nusantara, 2023)

d. Fishbone Diagram

Fishbone Diagram merupakan sebuah metode yang digunakan untuk membantu memecahkan masalah yang ada dengan melakukan analisis sebab dan akibat dari suatu keadaan dalam sebuah diagram yang terlihat seperti tulang ikan pada Gambar 3 (Fajaranie & Khairi, 2022).



Gambar 3 Fishbone Diagram (Sulianta, 2024)

e. 5W+1H

Metode 5W+1H merupakan pendekatan yang memeriksa situasi masalah melalui pertanyaan apa (*What*), di mana (*Where*), mengapa (*Why*), siapa (*Who*), kapan (*When*), dan bagaimana (*How*) (Krisnaningsih dan Hadi, 2020). Menurut penelitian Triana (Triana, 2021) menunjukkan bahwa kombinasi *Fishbone Diagram* dan 5W+1H dapat meningkatkan efektivitas dalam pengambilan keputusan, terutama dalam upaya peningkatan kualitas produk.

f. Poka-Yoke

Metode *Poka-Yoke* digunakan untuk mencegah atau mendeteksi kegagalan yang terjadi serta mengatasi permasalahan tersebut. Dalam penelitian ini, metode ini diterapkan untuk meningkatkan akurasi, efisiensi, dan kualitas hasil kerja dengan mengatasi *human error* yang terjadi (Rahmadani et al., 2023). Kategori penerapan *Poka-Yoke* meliputi kesalahan tindakan dalam proses, kesalahan pengukuran atau kalibrasi, kelupaan, dan ketiadaan indikasi visual. Oleh karena itu penerapan metode *Poka-Yoke* dalam penelitian ini menjadi sangat penting dalam menghindari kesalahan yang terjadi

(Adji et al., 2020).

III. Metode Penelitian

1. Objek Penelitian

Penelitian dilakukan di PT X Jakarta pada Plant 3 yang memproduksi packaging (kemasan) untuk kosmetik. Penelitian ini berfokus pada analisis untuk mencari faktor yang menyebabkan cacat produk dimensi diameter snap tidak standar pada botol 100 ml serta memberikan usulan perbaikan dan *improvement* untuk meminimalisir terjadinya cacat produk tersebut kedepannya.



Gambar 4 Botol 100 ml

2. Flow Process Pembuatan Botol 100 ml

Flow process pembuatan botol 100 ml pada PT X Jakarta sebagai berikut.



Gambar 5 Flow Proses: a) Mixing Material; b) Pembentukan Botol; c) Quality Control

Flow Process dimulai dengan mencampurkan material yaitu 70% virgin HDPE + 30% *crumbs* + 2% *masterbatch*. Kemudian material dimasukkan ke mesin EBM sehingga menjadi produk yaitu botol. Botol yang telah keluar dari mesin EBM akan dilakukan *Quality Control* (QC) untuk menjaga kualitas botol tersebut.

3. Pengumpulan Data

Data diperoleh melalui wawancara dengan pihak terkait seperti *Plant Manager*, *Quality Control*, Teknisi, Leader Produksi, dan Operator, serta melalui observasi langsung pada proses produksi. Selain itu, arsip perusahaan digunakan sebagai sumber data historis untuk membandingkan parameter produksi dengan standar operasional. Studi pustaka dari buku, jurnal penelitian, dan literatur lain yang relevan digunakan untuk mendukung interpretasi hasil dan memberikan rekomendasi perbaikan proses.

4. Pengolahan Data

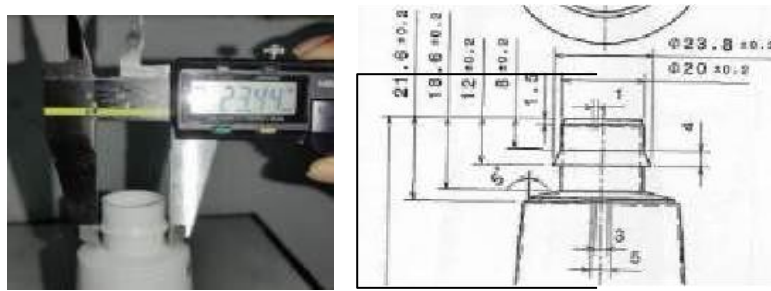
Pengolahan data dimulai dengan menganalisis faktor yang mempengaruhi cacat produk menggunakan *Fishbone Diagram* berupa faktor utama yaitu dari segi man, material, method, machine dan environment. Kemudian hasil dari *Fishbone Diagram* tersebut dianalisis kembali menggunakan metode 5W+1H untuk diberikan usulan perbaikan kepada perusahaan. *Improvement* diberikan dengan menggunakan metode *Poka- Yoke* sebagai langkah preventif untuk mencegah kesalahan akibat faktor manusia, seperti lupa, tidak tahu, atau tidak sengaja.

IV. Hasil dan Pembahasan

1. Identifikasi Cacat Produk

Cacat produk dimensi diameter *snap* ditemukan pada hampir semua botol 100 ml sebanyak 29.260

pcs seperti pada Gambar 6 a



Gambar 6 Identifikasi cacat produk: a) Cacat Produk Dimensi Diameter Snap Tidak Standar pada Botol 100 ml; b) Standar Dimensi Diameter Snap pada Botol 100 ml

Diketahui dari Gambar 6 b, botol 100 ml memiliki standar spesifikasi dimensi diameter *snap* yaitu $23,8 \pm 0,2$ mm. Jika tidak memenuhi standar spesifikasi yang telah ditentukan, maka akan mengakibatkan:

- Jika diameter *snap* terlalu besar maka *cap* botol akan membal sehingga tidak dapat ditutup.
- Jika diameter *snap* terlalu kecil maka *cap* botol akan mudah terlepas dari botol.

2. Pengumpulan Data

a. Mold Botol 100 ml

Rumus untuk menentukan dimensi *mold* terutama pada diameter *snap* botol yaitu:

$$\text{Faktor Shrinkage} = 1 + \frac{\Delta L}{L} \dots\dots\dots(2)$$

Diketahui:

Dimensi Produk = $23,8 \pm 0,2$ mm *Shrinkage factor* material HDPE = 2-3% Menghitung:

- Dimensi *Cavity* minimum:
= 23,8 mm (1 + 2%)
= 23.8 (1.02)
= 24,276 mm
- Dimensi *Cavity* maksimum:
= 23,8 mm (1 + 5%)
= 23.8 (1.05)
= 24,990 mm

Jadi, dimensi *cavity* yang dibutuhkan adalah 24,276 mm - 24,514 mm. Dengan harapan setelah botol mencapai suhu ruang dan telah mengalami *shrinkage*, botol akan mencapai dimensi yang diinginkan yaitu $23,8 \pm 0,2$ mm.



Gambar 7 Pengukuran Dimensi Mold Botol 100 ml

Dilakukan pengukuran pada *cavity mold* botol 100 ml, pengukuran dilakukan pada daerah *parting line* diameter *snap* botol 100 ml seperti pada pada semua *cavity* botol 100 ml depan dan belakang. Pengukuran dilakukan menggunakan *vernier caliper* pada bagian rahang dalam. Data

yang didapatkan setelah melakukan pengukuran pada *mold* botol 100 ml dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Pengukuran Dimensi Diameter Snap

Dimensi	Cavity 1	Cavity 2	Cavity 3
Depan	24,19 mm	24,20 mm	24,17 mm
Belakang	24,18 mm	24,18 mm	24,19 mm

Sumber: Hasil Observasi

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran pada Tabel 3, dapat disimpulkan bahwa diameter *snap* pada *mold* botol 100 ml memiliki dimensi yang lebih kecil dari standar yang seharusnya. Dimensi *mold* yang dibutuhkan yaitu antara 24,276 mm hingga 24,990 mm, sedangkan dimensi *cavity* pada *mold* botol 100 ml saat ini berkisar antara 24,17 mm hingga 24,20 mm. Oleh karena itu, diperlukan perbaikan pada *mold* botol 100 ml, khususnya pada bagian diameter *snap*, untuk mencapai hasil akhir sesuai dengan standar setelah mengalami penyusutan (*shrinkage*), yaitu sebesar $23,8 \pm 0,2$ mm.

b. Tekanan Air Compressor

Diketahui bahwa tekanan *air compressor* untuk mesin *extrusion blow molding* di PT X Jakarta adalah 6 bar yang dapat dilihat pada Gambar 8, sesuai dengan *form setting data* mesin *extrusion blow molding*, yaitu 6 bar. Pemeriksaan menyeluruh terhadap *air compressor* telah dilakukan, termasuk memantau indikator tekanan, memeriksa kondisi fisik unit *compressor*, serta menguji aliran udara pada sistem distribusi. Namun, tidak ditemukan kerusakan pada *compressor*.



Gambar 8 Indikator Tekanan Air Compressor

Kinerja optimal ini didukung oleh *preventive maintenance* yang dilakukan secara teratur, seperti pembersihan filter udara, pemeriksaan sistem pipa distribusi, serta pemeliharaan komponen internal *compressor*. Namun, jika terjadi pemadaman listrik atau konsleting, tekanan pada *air compressor* akan mengalami penurunan sementara sebelum sistem kembali stabil. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun *compressor* bekerja sesuai standar, faktor eksternal seperti gangguan listrik dapat memengaruhi performanya. Tekanan *air compressor* yang mengalami penurunan ini yang akan diberikan *improvement* dalam penelitian ini.

c. Tekanan Oli Hidrolik

Diketahui bahwa standar tekanan oli hidrolik pada PT X Jakarta yaitu minimal 45 bar. Hal ini berdasarkan dari *form setting data* mesin *extrusion blow molding* yang dimiliki oleh PT X Jakarta. Setelah dilakukan pemeriksaan diketahui bahwa aktual tekanan oli hidrolik PT X Jakarta yaitu 45 bar. Hal ini menunjukkan bahwa tekanan aktual oli hidrolik masih sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Selanjutnya dilakukan pemeriksaan pada komponen hidrolik yang lain dan ditemukan permasalahan, yaitu kualitas oli hidrolik yang sudah buruk dan filter hidrolik yang kotor sebagai berikut:

- 1) Oli hidrolik diketahui dalam kondisi kurang baik, yang berpotensi menurunkan kinerja dan memperpendek umur mesin. Kondisi ini disebabkan oleh kurangnya penerapan *preventive maintenance* yang seharusnya dilakukan secara rutin. Saat ini, *preventive maintenance* pada *hydraulic unit* hanya terbatas pada pengecekan harian untuk memastikan level oli tidak berada di

bawah batas *minimum*. Jika level oli turun, *preventive maintenance* yang dilakukan hanya sebatas penambahan oli.



Gambar 9 Kondisi Oli Hidrolik

- 2) Diketahui bahwa filter oli hidrolik berada dalam kondisi kotor akibat kurangnya implementasi *preventive maintenance* secara rutin. Saat ini, penggantian filter hanya dilakukan ketika sudah muncul gejala seperti bunyi tidak normal pada *hydraulic unit*. Hal ini menunjukkan bahwa perawatan bersifat reaktif (*corrective maintenance*) dan tidak terencana, sehingga meningkatkan risiko gangguan sistem dan memperpendek umur komponen mesin.



Gambar 10 Kondisi Filter Oli Hidrolik

d. Kebersihan Die Head

Berdasarkan pemeriksaan yang dilakukan, ditemukan bahwa *die head* pada mesin *extrusion blow molding* berada dalam kondisi kotor. Penumpukan residu material plastik dan kotoran di area *die head* menyebabkan aliran material menjadi tidak merata. Akibatnya, ketebalan *parison* menjadi tidak konsisten, yang berdampak negatif pada kualitas produk akhir serta efisiensi proses produksi.

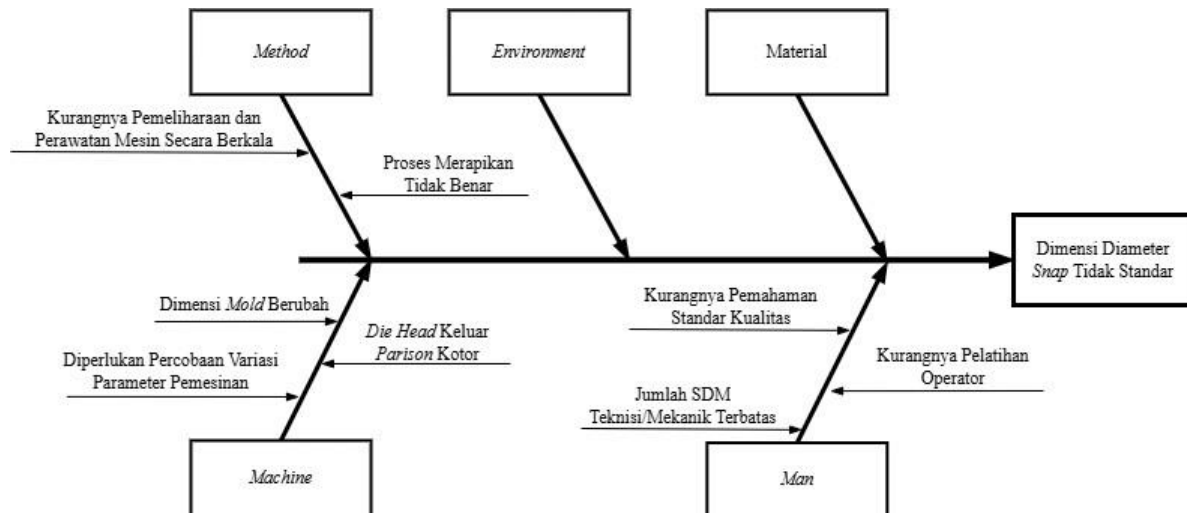


Gambar 11 Kondisi Kebersihan Die Head

3. Pengolahan Data

a. Analisis Fishbone Diagram

Langkah berikutnya dalam penelitian ini ialah menganalisis akar penyebab kegagalan dengan menggunakan *Fishbone Diagram* yang digunakan sebagai salah satu dasar dalam menentukan tindakan perawatan yang tepat. Hasil analisis menggunakan *Fishbone Diagram* dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12 Analisis Menggunakan Fishbone Diagram

Berikut ini analisis masing-masing faktor penyebab cacat:

1) *Man* (Manusia)

Faktor *man* yang ditampilkan dalam *Fishbone Diagram* untuk cacat produk dimensi diameter *snap* tidak standar pada botol 100 ml menunjukkan bahwa kurangnya pelatihan operator menjadi salah satu penyebab utama. Operator yang tidak mendapatkan pelatihan memadai terkait prosedur standar produksi atau penggunaan mesin tidak mengetahui pengaturan parameter mesin, misalnya tekanan udara. Selain itu, kurangnya pemahaman terhadap standar kualitas produk, terutama pada bagian diameter *snap*, menyebabkan operator gagal mendeteksi cacat pada tahap awal produksi. Akibatnya, produk yang tidak sesuai spesifikasi terus diproses hingga tahap berikutnya.

2) *Machine* (Mesin)

Penyebab cacat produk dimensi diameter *snap* tidak standar dari faktor mesin meliputi beberapa hal. Pertama, dimensi *mold* berubah, yaitu *mold* yang mengalami keausan atau perubahan ukuran akibat pemakaian jangka panjang, sehingga menghasilkan diameter *snap* yang tidak sesuai spesifikasi. Kedua, *die head* kotor, yaitu adanya residu atau sisa material yang menumpuk di *die head*, yang menghambat aliran material HDPE dan menghasilkan diameter *snap* yang tidak seragam. Terakhir, diperlukan percobaan variasi parameter pemesinan pada mesin *extrusion blow molding* seperti temperatur leleh, lama peniupan, suhu cetakan dan lain-lain.

3) *Method* (Metode)

Penyebab cacat produk dimensi diameter *snap* tidak standar juga dapat disebabkan oleh faktor metode yang diterapkan dalam proses produksi. Pertama, metode merapikan *runner* pada bagian atas botol 100 ml saat botol masih dalam kondisi panas berpotensi menyebabkan deformasi, terutama pada area diameter *snap*, sehingga menghasilkan dimensi yang tidak sesuai spesifikasi atau tidak presisi. Kedua, kurangnya pemeliharaan dan perawatan mesin secara berkala akibat metode *maintenance* yang kurang tepat. Pada mesin *extrusion blow molding* yang digunakan untuk produksi botol 100 ml di PT X Jakarta, metode yang diterapkan masih berupa *corrective maintenance*, yaitu perbaikan hanya dilakukan saat mesin mengalami kerusakan. Hal ini terjadi karena mesin beroperasi selama 24 jam tanpa jeda, sehingga tidak ada waktu untuk melakukan *preventive maintenance*, seperti penggantian oli hidrolik dan pembersihan *die head* tempat keluarnya *parison*.

4) *Material*

Material tidak menjadi dampak yang menyebabkan cacat produk dimensi diameter *snap* tidak standar, karena material yang digunakan sudah sesuai dengan spesifikasi yang diterapkan.

5) *Environment* (Lingkungan)

Lingkungan tidak menjadi dampak yang menyebabkan cacat produk dimensi diameter *snap* tidak standar, karena lingkungan tempat penyimpanan dari material atau botol 100 ml yang sudah jadi memiliki suhu yang stabil.

b. 5W+1H

Usulan perbaikan dianalisis melalui pengamatan langsung di lokasi produksi dan wawancara dengan pihak-pihak terkait, seperti operator, teknisi mesin, *leader production*, *quality control*, manajer, serta pihak lainnya. Usulan ini disusun berdasarkan faktor penyebab masalah yang telah teridentifikasi dalam proses produksi botol 100 ml. Adapun usulan perbaikan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Analisis Usulan Perbaikan 5W+1H

No	Faktor	Metode	Usulan
<i>Man</i> (Manusia)			
1	Kurangnya Pelatihan Operator	<i>What</i>	Memberikan pelatihan kepada operator
		<i>Why</i>	Agar operator memahami terkait prosedur standar produksi dan parameter mesin
		<i>Where</i>	Area produksi di mesin <i>extrusion blow molding</i>
		<i>When</i>	Sebelum operator bertugas
		<i>Who</i>	Tim <i>training</i> dan operator produksi
		<i>How</i>	Membuat jadwal pelatihan rutin dan menyediakan panduan kerja standar untuk meningkatkan pemahaman dan keterampilan operator.
2	Kurangnya Pemahaman Standar Kualitas	<i>What</i>	Memberikan sosialisasi standar kualitas produk
		<i>Why</i>	Agar operator mampu mendeteksi cacat diameter <i>snap</i> sejak awal
		<i>Where</i>	Area produksi di mesin <i>extrusion blow molding</i>
		<i>When</i>	Sebelum proses produksi dimulai
		<i>Who</i>	Tim <i>Quality Control</i> (QC) dan operator produksi
		<i>How</i>	Mengadakan <i>briefing</i> rutin sebelum shift kerja, menyediakan contoh produk standar, dan memberikan panduan visual terkait standar kualitas produk.

Tabel 5 Analisis Metode 5W+1H (Lanjutan)

No	Faktor	Metode	Usulan
3	Jumlah SDM Teknisi/ Mekanik Terbatas	<i>What</i>	Penambahan SDM Teknisi/Mekanik
		<i>Why</i>	Agar perbaikan atau pemeliharaan dapat diatasi lebih cepat
		<i>Where</i>	Area produksi
		<i>When</i>	Saat proses produksi berlangsung
		<i>Who</i>	<i>Plant Manager</i>
		<i>How</i>	Menambah Sumber Daya Manusia (SDM) Teknisi untuk mengefisiensikan perbaikan dan pemeliharaan alat-alat, mesin dan <i>utilities</i> pada area produksi.
<i>Machine</i> (Mesin)			
4	Dimensi <i>Mold</i> Berubah	<i>What</i>	Melakukan perawatan <i>mold</i> secara berkala
		<i>Why</i>	Agar <i>mold</i> tetap presisi dan menghasilkan produk sesuai spesifikasi
		<i>Where</i>	<i>Mold</i> pada mesin <i>extrusion blow molding</i>
		<i>When</i>	Sesuai jadwal <i>preventive maintenance</i>
		<i>Who</i>	Teknisi mesin dan operator
		<i>How</i>	Melakukan inspeksi <i>mold</i> , penggantian <i>mold</i> jika aus, dan kalibrasi secara rutin sesuai jadwal <i>maintenance</i> yang telah ditetapkan.
5	Die Head Tempat Keluar	<i>What</i>	Membersihkan <i>die head</i> secara rutin
		<i>Why</i>	Agar lelehan plastik (<i>parison</i>) yang keluar dari <i>die head</i> memiliki ketebalan sesuai dengan <i>parison program</i>

	Parison Kotor	Where	Die head pada mesin <i>extrusion blow molding</i>
		When	Setiap 3 bulan sekali
		Who	Teknisi mesin dan operator
		How	Membersihkan <i>die head</i> secara berkala, menggunakan alat khusus untuk membersihkan residu yang ada pada <i>die head</i> dengan aman dan efektif.
6	Diperlukan Percobaan Variasi Parameter Pemesinan	What	Percobaan variasi parameter pemesinan
		Why	Agar mendapatkan variasi parameter pemesinan yang stabil untuk memproduksi botol 100 ml
		Where	Parameter pemesinan <i>extrusion blow molding</i>
		When	Saat produksi
		Who	Teknisi mesin dan operator
		How	Percobaan variasi parameter pemesinan seperti temperatur leleh, lama peniupan, suhu cetakan dan lain-lainnya yang dapat menstabilkan penyusutan pada botol 100 ml
Method (Metode)			
7	Kurangnya Pemeliharaan dan Perawatan Mesin Secara Berkala	What	Menyusun jadwal <i>preventive maintenance</i>
		Why	Agar mesin berfungsi optimal tanpa menunggu kerusakan
		Where	Seluruh mesin di area produksi
		When	Sesuai jadwal yang telah ditentukan
		Who	Teknisi mesin
		How	Menentukan <i>downtime</i> terjadwal untuk <i>preventive maintenance</i> , seperti penggantian oli hidrolik secara berkala.
8	Proses Merapikan Tidak Benar	What	Mengubah metode merapikan <i>runner</i> saat botol masih panas
		Why	Untuk menghindari deformasi pada diameter <i>snap</i>
		Where	Proses merapikan <i>runner</i> di area produksi
		When	Saat proses produksi berlangsung
		Who	Operator produksi
		How	Menggunakan <i>ejector runner</i> mesin <i>extrusion blow molding</i> atau pastikan suhu botol sudah stabil sebelum merapikan <i>runner</i> untuk mengurangi risiko deformasi pada diameter <i>snap</i> botol 100 ml

Sumber: Pengolahan Data

c. Poka-Yoke

Tahap berikutnya setelah dilakukan analisis menggunakan *Fishbone Diagram* maka dilakukan beberapa *improvement* untuk meminimalisir terjadinya cacat produk dimensi diameter snap tidak standar pada botol 100 ml di PT X Jakarta. Adapun *improvement* menggunakan metode *Poka-Yoke* seperti berikut.

1) Pemasangan Alarm pada *Line Air Compressor*

Penerapan prinsip *Poka-Yoke* pada *line air compressor* yang diberikan alarm pada waktu tekanan di bawah standar dengan dihubungkan menggunakan *pressure switch*. Tujuannya yaitu agar saat tekanan udara di bawah standar operator dapat segera melakukan tindakan penanganan. Penerapan sistem ini dikarenakan saat operator berada dalam *line* produksi, operator tidak bisa memantau tekanan dari *air compressor* karena operator memiliki pekerjaan untuk merapikan bagian *runner* botol 100 ml yang sudah selesai dicetak oleh mesin *extrusion blow molding*.

Sistem alarm sirine berbasis *pressure switch* pada *air compressor* dirancang untuk memberikan peringatan ketika tekanan udara turun di bawah batas minimum yang telah ditentukan, yaitu 6 bar. *Pressure switch*, sebagai komponen utama, mendeteksi perubahan tekanan udara dalam sistem. Ketika tekanan udara berada di atas 6 bar, *pressure switch* tetap dalam posisi *normally closed*, sehingga sirine tidak aktif. Namun, jika tekanan turun di bawah 6 bar, *pressure switch* berubah ke

posisi *open* dan mengirimkan sinyal untuk mengaktifkan sirine.



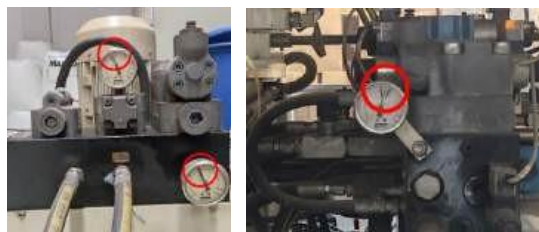
Gambar 13 Improvement pada Line Air Compressor: a) Pressure Switch; b) Alarm Sirine

2) Pemberian *Marking Line*

Sebagai bagian dari upaya perbaikan (*improvement*), dilakukan pemberian tanda standar tekanan udara (*blow air compressor*) dan tekanan oli hidrolik (*oil pressure*) pada indikator mesin *extrusion blow molding*. Pemberian penanda (*marking*) pada beberapa komponen bertujuan meningkatkan pemahaman operator terhadap standar parameter mesin yang harus dijaga selama proses produksi. Penanda ini berfungsi sebagai acuan visual yang mempermudah operator dalam memantau kondisi mesin secara cepat dan memastikan semua parameter tetap berada dalam batas yang telah ditetapkan.



Gambar 14 Pemberian *Marking Line* pada Komponen Air Compressor: a) Air Blowing Step 1L; b) Main Air Parison



Gambar 15 Pemberian *Marking Line* pada Oil Pressure Hydraulic Unit: a) Hydraulic Power Pack; b) Hydraulic Pressure

V. Kesimpulan

Kesimpulan berdasarkan hasil dari penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Faktor yang memengaruhi cacat produk dimensi diameter *snap* yang tidak sesuai standar pada botol 100 ml meliputi tiga penyebab utama, yaitu pada faktor man (manusia), method (metode) dan machine (mesin). Berikut penjelasan dari penyebab utama yang terjadi.
 - a. Faktor manusia yang diketahui menjadi penyebab cacat produk yaitu kurangnya pemahaman standar kualitas produk, kurangnya pelatihan pada operator dan jumlah SDM teknisi/mekanik yang terbatas.
 - b. Faktor metode yang diketahui menjadi penyebab cacat produk yaitu kurangnya pemeliharaan dan perawatan secara berkala pada mesin produksi dan proses merapikan botol tidak benar.
 - c. Faktor mesin yang diketahui menjadi penyebab cacat produk yaitu dimensi *mold* botol berubah, *die head* tempat keluar *parison* kotor dan diperlukan percobaan variasi parameter pemesinan.
2. Usulan perbaikan dan *improvement* untuk meminimalisir cacat produk dimensi diameter *snap*

tidak standar pada botol 100 ml yaitu sebagai berikut.

a. Usulan Perbaikan

- 1) Faktor manusia diberikan usulan perbaikan yaitu meningkatkan kompetensi operator melalui pelatihan rutin, penyediaan SOP, dan pelaksanaan *briefing* harian. Perusahaan juga memberikan panduan visual serta contoh produk standar untuk memastikan pemahaman operator terhadap kualitas diameter *snap* yang diharapkan. Penambahan SDM teknisi atau mekanik untuk mengefisiensikan perbaikan dan pemeliharaan alat-alat, mesin dan *utilities* pada area produksi.
- 2) Faktor mesin diberikan usulan perbaikan mencakup inspeksi *mold* secara berkala, penggantian *mold* yang mengalami keausan, dan kalibrasi mesin sesuai jadwal. Untuk mencegah penumpukan residu di *die head*, disarankan melakukan pembersihan area *die head* dengan alat khusus setiap tiga bulan. Diperlukan percobaan parameter pemesinan untuk memproduksi botol 100 ml.
- 3) Faktor metode diberikan usulan perbaikan yaitu tim produksi menjadwalkan *downtime* untuk *preventive maintenance*, termasuk inspeksi *mold* dan penggantian oli hidrolik, serta merapikan *runner* menggunakan *ejector runner* atau memastikan suhu botol stabil sebelum proses tersebut dilakukan.

b. *Improvement*

- 1) Penerapan prinsip *Poka-Yoke* pada *line air compressor* dilakukan dengan menghubungkan tekanan udara *compressor* menggunakan *pressure switch*. Ketika tekanan udara berada di bawah standar, alarm sirine berbunyi untuk memperingatkan operator atau teknisi agar segera mengambil tindakan. Sistem ini penting karena operator yang berada di *line produksi* memiliki pekerjaan untuk merapikan *runner* botol 100 ml sehingga tidak dapat memantau tekanan udara setiap saat.
- 2) Penandaan (*marking*) pada beberapa komponen mesin untuk membantu operator memahami dan menjaga parameter mesin selama proses produksi. Penanda ini berfungsi sebagai acuan visual, memudahkan pemantauan kondisi mesin, dan memastikan parameter tetap sesuai batas yang ditetapkan.

Daftar Pustaka

- Adji, B. N., Hunusalela, Z. F., & Oktaviani, A. (2020). Penerapan Konsep Lean Manufacturing untuk Rancangan Usulan Perbaikan Minimasi Waste Defect dengan Metode Poka Yoke pada PT. Tetra Mitra Sinergis. *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi*, 1(3), 154–167. <https://doi.org/10.59141/jist.v1i03.25>
- Al-Sammerrai, D., & Al-Nidawy, N. K. (2021). Chapter 11. Polyethylene: Syntesis, Properties, and Uses. In M. P. Groover (Ed.), *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems* (7th Edition). John Wiley & Sons.
- Anggono, A. D. (2005). Prediksi Shrinkage untuk Menghindari Cacat Produk pada Plastic Injection. *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, 6(2), 70–77. <https://doi.org/10.23917/MESIN.V6I2.2895>
- Basjir, M., & Suhartini. (2022). Rancangan Persediaan Bahan Baku Produk Engsel untuk Mengefisiensikan Biaya Proses Produksi. *Serambi Engineering*, VII(3), 3345–3352. <https://doi.org/10.32672/jse.v7i3.4265>
- Belcher, S. L. (2023). Chapter 16. Blow Molding. In *Applied plastics engineering handbook : processing, sustainability, materials, and applications* (3rd Edition, pp. 363–388). William Andrew.
- Berihun, E. A., & Bogale, T. M. (2022). Parameter Optimization of PET Plastic Preform Bottles in Injection Molding Process Using Grey-Based Taguchi Method. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2022(5), 1–9. <https://doi.org/10.1155/2022/4416602>
- Fajaranie, A. S., & Khairi, A. N. (2022). Pengamatan Cacat Kemasan Pada Produk Mie Kering Menggunakan Peta Kendali dan Diagram Fishbone di Perusahaan Produsen Mie Kering Semarang, Jawa Tengah. *Jurnal Pengolahan Pangan*, 7(1), 7–13.

- Faritsy, A. Z. Al, & Syaifuddin, I. (2023). Pengendalian Kualitas Produk Plastik Jenis Polypropylene Menggunakan Metode Seven Tools pada PT. Kusuma Mulia Plasindo Infitec. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Elektro dan Komputer*, 3(1), 49–63. <https://ejurnal.stietrianandra.ac.id/index.php/JURITEK/article/view/1130/969>
- ISO 294-4. (2018). *Plastics—Injection moulding of test specimens of thermoplastic materials — Part 4: Determination of moulding shrinkage*. <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:294:-4:ed-3:v1:en>
- Karaki, A., Hammoud, A., Masad, E., Khraisheh, M., Abdala, A., & Ouederni, M. (2024). A Review on Material Extrusion (MEX) of Polyethylene - Challenges, Opportunities, and Future Prospects. *Polymer*, 307, 127333. <https://doi.org/10.1016/J.POLYMER.2024.127333>
- Krisnaningsih, E., & Hadi, F. (2020). Strategi Mengurangi Produk Cacat pada Pengecatan Boiler Steel Structure dengan Metode Six Sigma Di PT. Cigading Habeam Center. *Jurnal InTent (Jurnal Industri Dan Teknologi Terpadu)*, 3(1), 11–24.
- MatWeb. (2025). *Online Materials Information Resource -MatWeb*. <https://www.matweb.com/>.
- Moldblade. (2021, April). *Plastic Injection Moulding: Main Defects in Injection Moulded Parts-Moldblade*. <https://moldblade.com/en/plastic-injection-moulding-main-defects-in-injection-moulded-parts/>.
- Mukras, S. M. S. (2020). Experimental-Based Optimization of Injection Molding Process Parameters for Short Product Cycle Time. *Advances in Polymer Technology*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/1309209>
- Nasir, S. M., Shayfull, Z., Sharif, S., Abdellah, A. E. hadj, Fathullah, M., & Noriman, N. Z. (2021). Evaluation of shrinkage and weld line strength of thick flat part in injection moulding process. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 43(10). <https://doi.org/10.1007/S40430-021-03060-Y>
- PT. Lotte Chemical Titan Nusantara. (2023). *Product Data Sheet Titanvene HD5502GA*. www.lottechem.co.id
- Rahmadani, A. R., Siregar, D. F., Haznamaryalia, S., & Yulianti, W. (2023). Penerapan Metode Poka Yoke dalam Proses Penyortiran Baju Blazer di CV IM Project. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Terapan*, 9 (2). <https://doi.org/10.33197/jitter.vol9.iss2.2023.1001>
- Stanley, J., John, A., Črešnar, K. P., Zemljič, L.F., Lambropoulou, D. A., & Bikiaris, D.N. (2023). Active Agents Incorporated in Polymeric Substrates to Enhance Antibacterial and Antioxidant Properties in Food Packaging Applications. *Macromol*, 3(1), 1–27. <https://doi.org/10.3390/macromol3010001>
- Sulianta, F. (2024). *Diagram Fishbone untuk Berbagai Kebutuhan*. <https://www.researchgate.net/publication/385503999> <https://www.researchgate.net/publication/385503999>
- Triana, N. E. (2021). Improved Productivity of Document Verification Process Using the Lean Sigma Method. *International Journal Of Scientific Advances*, 2(4), 470–474. <https://doi.org/10.51542/ijscia.v2i4.1>
- Wicaksono, A., & Yuamita, F. (2022). Pengendalian Kualitas Produksi Sarden Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA) untuk Meminimalkan Cacat Kaleng di PT XYZ. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Industri Terapan (JTMIT)*, 1(3), 145–154. <https://doi.org/10.55826/tmit.v1i3.44>
- Xiao, C. L., Hopmann, C., & Kahve, C. E. (2023). Development of variotherm extrusion blow molding technology to produce high-gloss automotive spoilers. *Journal of Polymer Engineering*, 43(5), 465–474. <https://doi.org/10.1515/polyeng-2023-0002>