

Desain Parameter Untuk Minimasi Cacat *Black Spot* Dalam Proses *Extrusion Blow Molding* Pada Produk *Bottle Blank* 200 Gram

Djoehana Ayu Rachel¹, Moh. Hartono^{2*}

¹Prodi Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Politeknik Negeri Malang

²Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang

Jl. Soekarno Hatta No.9 Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur

*Corresponding author: sgsrssm@gmail.com; moh.hartono@polinema.ac.id

Abstract

Black spot defects are often a significant challenge in extrusion blow molding of plastic products, which can reduce product quality and value. The objective of this study was to investigate the effect of barrel temperature, screw speed, and regrind composition on black spot defects in 200 gram high density polyethylene (HDPE) bottle blanks. Black spot defects are often a problem in extrusion blow molding of plastic products, which can reduce product quality and value. The objective of this study was to investigate the effect of barrel temperature, screw speed, and regrind composition on black spot defects in 200 gram capacity high density polyethylene (HDPE) bottle blanks. A factorial design Design of Experiments (DoE) method was applied, with three levels for each independent variable barrel temperature 175 °C, 198 °C, 221 °C, screw rotation speed 82 RPM, 90 RPM, 98 RPM, and material composition of regrind and pure HDPE in 25 kg with a ratio of 1:4 = 5 kg: 20 kg, 2:3 = 10 kg : 15 kg, and 3:2 = 15 kg: 10 kg. The results show that barrel temperature and regrind material composition have a significant effect on black spot defects, with the most critical interaction occurring in the combination of barrel temperature 221°C, screw rotation speed 98 RPM, and regrind: virgin material composition ratio 3:2. The principal conclusion of this study is that the optimal parameter settings are a barrel temperature of 198°C, a screw rotation speed of 90 RPM, and a composition ratio of regrind material and HDPE virgin material at 1:4. These settings can minimize black spot defects and improve overall product quality. Recommendations are provided for superior parameter settings to achieve more consistent and high-quality production results.

Keywords: barrel temperature, black spots, composition of the plastic HDPE regrind material, extrusion blow molding, screw rotation speed

Abstrak

Defect bintik hitam sering kali menjadi masalah dalam produk plastik hasil cetak extrusion blow molding, yang dapat menurunkan kualitas dan nilai produk. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh temperatur barrel, kecepatan putaran screw, dan komposisi material regrind terhadap cacat bintik hitam pada produk High Density Polyethylene (HDPE) bottle blank berkapasitas 200 gram. Menggunakan metode Design of Experiments (DoE) dengan rancangan factorial, percobaan dilakukan dengan tiga level untuk setiap variabel bebas temperatur barrel 175 °C, 198 °C, 221 °C, kecepatan putaran screw 82 RPM, 90 RPM, 98 RPM, dan komposisi material regrind dan murni HDPE dalam 25 kg dengan rasio 1:4 = 5 kg : 20 kg, 2:3 = 10 kg : 15 kg, dan 3:2 = 15 kg : 10 kg. Hasil menunjukkan bahwa temperatur barrel dan komposisi material regrind memiliki pengaruh signifikan terhadap cacat bintik hitam, dengan interaksi yang paling kritis terjadi pada kombinasi temperatur barrel 221 °C, kecepatan putaran screw 98 RPM, dan rasio komposisi material regrind : murni 3:2. Kesimpulan utama penelitian ini adalah pengaturan parameter yang optimal dengan temperatur barrel 198 °C, kecepatan putaran screw 90 RPM dan rasio komposisi material regrind dan material murni HDPE di 1:4 dapat meminimalkan cacat bintik hitam serta meningkatkan kualitas produk secara keseluruhan. Rekomendasi diberikan untuk pengaturan parameter yang lebih baik guna mencapai hasil produksi yang lebih konsisten dan berkualitas tinggi.

Kata kunci: black spot, extrusion blow molding, kecepatan putaran screw, komposisi material regrind HDPE, temperatur barrel

1. Pendahuluan

Extrusion blow molding adalah sebuah proses manufaktur yang digunakan untuk memproduksi produk plastik berongga seperti botol dan tangki. Proses ini

melibatkan ekstrusi *parisson* (tabung plastik cair) yang kemudian ditiupkan ke dalam cetakan untuk membentuk produk akhir.

Salah satu industri plastik yang menerapkan *extrusion blow molding* dalam proses produksinya yaitu PT. 'X'. Sudah

banyak memproduksi berbagai jenis produk plastik seperti botol berkapasitas 200 gram dengan bahan dasar *High Density Polyethylene* (HDPE), dalam proses pembuatannya menggunakan mesin *extrusion blow molding* merk 'X' tipe AT07, mesin ini masih menghasilkan beberapa produk yang tidak sesuai dengan standar perusahaan diantaranya dari segi waktu siklus produksi dan cacat produk. Cacat atau *defect* yang sering dijumpai yakni munculnya bintik hitam (*black spot*), body tipis sebelah, *flash*, *short shot*, *bottle hole*, dan *deformation*. Kecacatan produk menyebabkan produk tidak dapat digunakan dan adanya bahan yang terbuang berakibat pada pemborosan bahan baku yang mengganggu proses produksi. Cacat *black spot* merupakan cacat mayor atau cacat yang paling sering dialami dalam produksi botol 200 gram di PT. 'X'. Produk dengan cacat *black spot* tidak dapat digunakan karena dari segi penampilan maupun fungsi tidak memenuhi standar kualitas. Cacat *black spot* harus diminimalisasi agar tidak menimbulkan banyak kerugian produksi.

Pengaruh parameter pada proses ekstrusi seperti RPM *extruder*, temperatur *barrel* dan komposisi material *regrind* yang digunakan diduga mempengaruhi hasil cacat *black spot* pada produk. Oleh karena itu, proses manufaktur harus sangat berhati-hati dan perlu dipertimbangkan saat menentukan parameter yang digunakan untuk mencapai hasil akhir yang sesuai dengan kebutuhan pelanggan. Diharapkan penelitian ini memperkuat dasar perkiraan atau *trial and error* dalam proses produksi cetak plastik *extrusion blow molding* dengan dokumentasi serta dikaji secara ilmiah.

2. Metode Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah jenis penelitian kuantitatif, penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental untuk menyelidiki pengaruh tiga variabel bebas terhadap cacat bintik hitam.

Desain penelitian eksperimental memungkinkan peneliti untuk mengendalikan variabel-variabel bebas

(*independent*) tersebut untuk mengamati efek yang dihasilkan terhadap variabel terikat (*dependent*). Penggunaan *Design of Experiments* (DoE) dalam penelitian ini memberikan pendekatan yang terstruktur dan efisien untuk mengevaluasi pengaruh variabel bebas yaitu temperatur *barrel*, kecepatan putaran *screw*, dan komposisi material *regrind* terhadap variabel terikat yaitu cacat *black spot* pada produk hasil cetak *extrusion blow molding*.

Variabel Bebas

a. *Barrel Temperature*

Peneliti menetapkan tiga level *setting* temperatur *barrel* di 175 °C, 198 °C, dan 221 °C, pemilihan rentang temperatur ini didasarkan pada karakteristik material HDPE dan pengalaman operasional dalam industri. Peneliti berasumsi dalam penelitian ini temperatur *barrel* memainkan peran penting dalam proses pelelehan dan homogenisasi material HDPE dalam proses cetak *extrusion blow molding*. Temperatur *barrel* yang tepat diperlukan untuk memastikan material dilelehkan dengan baik tanpa mengalami degradasi termal yang dapat menyebabkan cacat pada hasil produksi.

b. *Screw Rotation Speed*

Tiga level *setting* yang ditetapkan oleh peneliti pada variabel bebas kecepatan putaran *screw* yaitu 82 RPM, 90 RPM dan 98 RPM. Kecepatan putaran *screw* dalam proses *extrusion blow molding* sangat berpengaruh untuk menentukan seberapa cepat material HDPE dilelehkan dan dicampur sebelum ekstrusi ke dalam cetakan. Kecepatan tersebut mempengaruhi homogenitas material, kualitas produk dan efisiensi proses secara keseluruhan.

c. *Composition of Regrind Material*

Variabel komposisi material *regrind* diasumsikan peneliti sebagai salah satu faktor yang berpengaruh dalam penelitian ini, karena pengaruhnya terhadap homogenitas material, viskositas lelehan dan kemungkinan terjadinya cacat pada produk akhir. Pada tiap pengujian satu variasi parameter menggunakan komposisi

material campuran sebanyak 25 kilogram. Peneliti menetapkan tiga level *setting* untuk komposisi material *regrind* dalam penelitian ini,

- 20% Material *Regrind* HDPE (5 Kg) - 80% Material Murni HDPE (20 Kg),
- 40% Material *Regrind* HDPE (10 Kg) - 60% Material Murni HDPE (15 Kg),
- 60% Material *Regrind* HDPE (15 Kg) - 40% Material Murni HDPE (Kg).

Level *setting* ini ditetapkan untuk mengeksplorasi bagaimana variasi presentase *regrind* mempengaruhi terjadinya cacat *black spot* pada produk plastik hasil *extrusion blow molding*.

Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang nilainya dipengaruhi oleh variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah cacat *black spot* pada produk plastik bottle blank 200 gram, yang didefinisikan sebagai bintik hitam dengan ukuran antara 0.5-1.5 mm² yang muncul di permukaan produk. Kriteria toleransi yang ditetapkan adalah bahwa cacat *black spot* tidak boleh melebihi area *printing* atau *labeling* yang berada di sisi depan dan belakang produk.



Gambar 1. Produk *Blank Bottle* 200 Gram

Produk dianggap cacat jika ukuran *black spot* melebihi 1.5 mm² pada area toleransi dan jika *black spot* mengenai bagian samping produk. Dengan demikian, produk yang memiliki cacat *black spot* di

luar area yang ditentukan atau dengan ukuran yang melebihi batas toleransi dianggap tidak memenuhi standar kualitas yang diharapkan.

3. Hasil dan Pembahasan

Dalam pencatatan produk yang sukses dan cacat diklasifikasikan kedalam bentuk jumlah produk. Pengambilan data dilakukan sebanyak 50 kali pengulangan. Berikut tabel data hasil penelitian :

Tabel 1. Data Defect *Black Spot* Hasil Pengujian

Hasil Produk	Komposisi Material <i>Regrind</i> 20%								
	Temperatur Barrel 175 °C			Temperatur Barrel 198 °C			Temperatur Barrel 221 °C		
Kecepatan Screw	82 RPM	90 RPM	98 RPM	82 RPM	90 RPM	98 RPM	82 RPM	90 RPM	98 RPM
NOT OK (Pes)	14	12	10	12	9	11	14	14	13
OK (Pes)	36	38	40	38	41	39	36	36	37
TOTAL (Pes)	50	50	50	50	50	50	50	50	50

Hasil Produk	Komposisi Material <i>Regrind</i> 40%								
	Temperatur Barrel 175 °C			Temperatur Barrel 198 °C			Temperatur Barrel 221 °C		
Kecepatan Screw	82 RPM	90 RPM	98 RPM	82 RPM	90 RPM	98 RPM	82 RPM	90 RPM	98 RPM
NOT OK (Pes)	18	17	18	12	12	12	14	15	16
OK (Pes)	32	33	32	38	38	38	36	35	34
TOTAL (Pes)	50	50	50	50	50	50	50	50	50

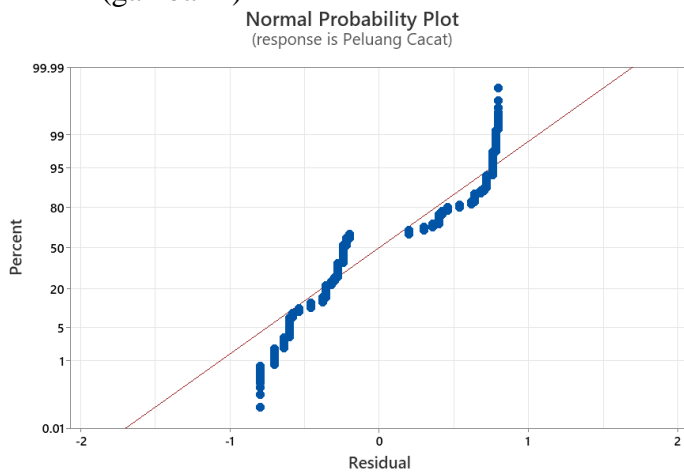
Hasil Produk	Komposisi Material <i>Regrind</i> 60%								
	Temperatur Barrel 175 °C			Temperatur Barrel 198 °C			Temperatur Barrel 221 °C		
Kecepatan Screw	82 RPM	90 RPM	98 RPM	82 RPM	90 RPM	98 RPM	82 RPM	90 RPM	98 RPM
NOT OK (Pes)	27	23	30	30	29	30	32	35	40
OK (Pes)	23	27	20	20	21	20	18	15	10
TOTAL (Pes)	50	50	50	50	50	50	50	50	50

Pengolahan Data

Setelah melakukan penelitian dan pengambilan data, maka data yang diperoleh akan diolah menggunakan *software* statistik *Minitab 21* dengan hasil analisis sebagai berikut :

Uji kenormalan memiliki batas untuk nilai *alfa* (α) sebesar 5% atau 0.05. Pada gambar 2 merupakan grafik uji *normal probability plot* yang memperlihatkan bahwa titik-titik residual pada grafik hampir mengikuti dan mendekati garis diagonal walaupun sebagian besar titik terlihat menjauh dari garis diagonal. Tetapi dengan demikian dapat disimpulkan bahwa uji

kenormalan pada grafik *normal probability plot* tersebut telah terdistribusi secara normal dan memenuhi syarat utama dalam penelitian intuk dapat dilakukan analisis. (gambar 2)



Gambar 2. Grafik *Normal Probability Plot*

Tabel Anova (Tabel 2) dan *model summary* (Gambar 3) yang dihasilkan dari pengolahan data hasil penelitian adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Tabel Anova

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	26	39.653	1.5251	7.16	0.00000
Linear	6	35.831	5.9719	28.03	0.00000
Regrain (%)	2	33.778	16.8889	79.28	0.00000
T. Barrel (°C)	2	1.773	0.8867	4.16	0.01578
K. Screw (RPM)	2	0.280	0.1400	0.66	0.51848
2-Way Interactions	12	3.444	0.2870	1.35	0.18529
Regrain (%)*T. Barrel (°C)	4	2.502	0.6256	2.94	0.01970
Regrain (%)*K. Screw (RPM)	4	0.422	0.1056	0.50	0.73907
T. Barrel (°C)*K. Screw (RPM)	4	0.520	0.1300	0.61	0.65531
3-Way Interactions	8	0.378	0.0472	0.22	0.98712
Regrain (%)*T. Barrel (°C)*K. Screw (RPM)	8	0.378	0.0472	0.22	0.98712
Error	1323	281.840	0.2130		
Total	1349	321.493			

Pada penelitian ini, dengan nilai *alfa* 0,05, *P-Value* menunjukkan bahwa komposisi material *regrind* (0,000) dan temperatur *barrel* (0,016) berpengaruh signifikan terhadap cacat *black spot* pada proses cetak plastik, sedangkan kecepatan putaran *screw* (0,518) tidak berpengaruh. Interaksi antara komposisi material *regrind* dan temperatur *barrel* signifikan (*P-Value* 0,020), tetapi tidak ada interaksi signifikan antara ketiga variabel bebas (*P-Value* 0,987). Oleh karena itu, hipotesis alternatif diterima, menyimpulkan bahwa komposisi material *regrind* dan temperatur *barrel* secara signifikan mempengaruhi cacat *black spot*.

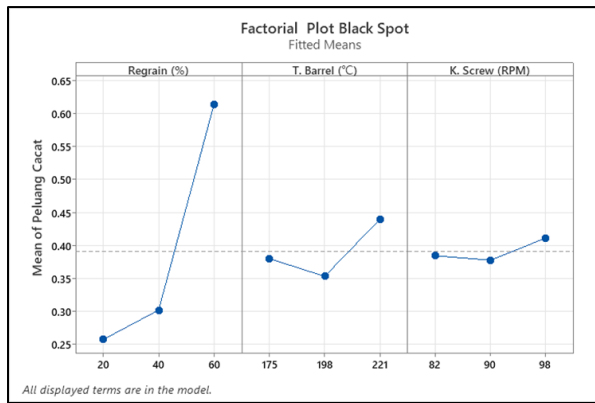
Tabel 3. *Model summary*

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.461553	12.33%	10.61%	8.72%

Data *model summary* berfungsi untuk mengetahui seberapa besar pengaruh dari variabel bebas yang digunakan terhadap variabel terikat yang dimunculkan dalam bentuk presentase. Berikut merupakan hasil *model summary* yang didapatkan.

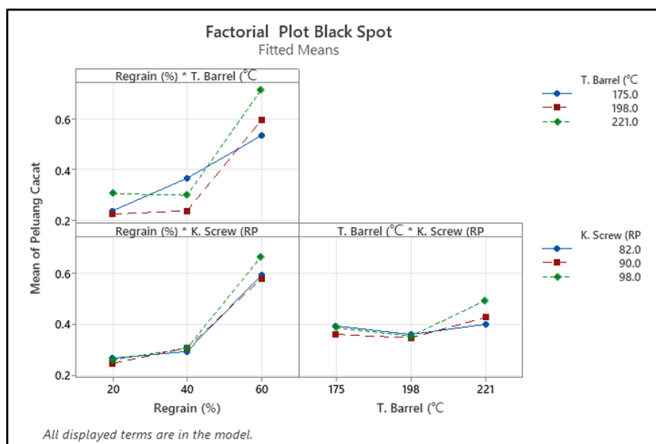
Pada Tabel 3. tabel *model summary*, nilai koefisien determinasi (*R-square*) atau R^2 diperlukan untuk memperkirakan dan mengetahui seberapa besar keterlibatan pengaruh dari variabel komposisi material *regrind*, temperatur *barrel* dan kecepatan putaran *screw* terhadap cacat *black spot* pada produk *blank bottle*. Berdasarkan hasil analisis yang ditampilkan pada tabel *model summary*, pengaruh komposisi material *regrind*, temperatur *barrel* dan kecepatan putaran *screw* terhadap cacat *black spot* memiliki nilai koefisien determinasi (*R-square*) sebesar 12,33%. Sisanya 87,67%, pengaruh cacat *black spot* merupakan *error* yang belum teramati atau faktor-faktor lain seperti *human error*, metode pengamatan yang salah, terjadi *error* saat pelaksanaan penelitian.

Hasil analisis data yang dilakukan dengan metode analisis data faktorial menggunakan *software* statistik minitab yakni pada Gambar 3 menunjukkan pengaruh variabel bebas terhadap cacat *black spot* pada produk, dengan skala 0-1 untuk peluang cacat. Temperatur *barrel* berpengaruh pada peluang cacat terbesar (0,44) pada 221°C dan terkecil (0,353333) pada 198°C. Kecepatan putaran *screw* menunjukkan peluang cacat terkecil (0,377778) pada 90 RPM dan terbesar (0,411111) pada 68 RPM. Sementara itu, komposisi material *regrind* mempengaruhi cacat dengan nilai terendah (0,257778) pada 20% material *regrind* dan tertinggi (0,613333) pada 60%.



Gambar 3. Grafik Factorial Plot

Hasil analisis data interaksi antara pengaruh temperatur *barrel*, kecepatan putaran *screw* dan komposisi material *regrind* terhadap defect *black spot* menggunakan *software* statistik minitab berikut ini:



Gambar 4. Grafik Interaksi Variabel Bebas

Grafik interaksi pada gambar 4 menunjukkan bahwa peluang cacat *black spot* tertinggi terjadi pada temperatur *barrel* 221 °C dengan komposisi material *regrind* 60%, mencapai nilai 0,713. Interaksi antara komposisi *regrind* dan kecepatan putaran *screw* menunjukkan peluang cacat terbesar sebesar 0,666 pada kecepatan 98 RPM dan komposisi 60%. Sementara itu, interaksi antara temperatur *barrel* dan kecepatan *screw* menunjukkan peluang cacat tertinggi 0,493 pada temperatur 221 °C dan kecepatan 98 RPM. Kesimpulannya, kombinasi temperatur *barrel* 221 °C dan komposisi material *regrind* 60% menghasilkan peluang cacat *black spot* terbesar.

Pembahasan

Material *regrind* HDPE adalah hasil daur ulang produk HDPE yang digiling menjadi butiran atau serbuk. Ukuran partikel yang tidak seragam dapat menyebabkan masalah pencampuran dan konsistensi saat pelelehan. Komposisi material *regrind* lebih signifikan mempengaruhi cacat *black spot*. Pada komposisi *regrind* 20%, cacat *black spot* rendah dan konsisten pada berbagai temperatur *barrel*. Namun, pada komposisi *regrind* 40%, cacat meningkat seiring kenaikan temperatur *barrel*, terutama pada suhu 221 °C. Kecenderungan cacat *black spot* lebih tinggi pada komposisi *regrind* 60%, terutama pada suhu tinggi.

Interaksi antara komposisi *regrind* HDPE dan kecepatan putaran *screw* (RPM) menunjukkan bahwa peningkatan RPM pada komposisi *regrind* yang lebih tinggi cenderung meningkatkan cacat *black spot*. Analisis grafik interaksi menunjukkan bahwa kenaikan *regrind* dari 20% ke 60% meningkatkan peluang cacat, terutama pada 98 RPM. Kombinasi *regrind* 60% dan 98 RPM menghasilkan cacat tertinggi, disebabkan oleh peningkatan gesekan dan degradasi material dalam *barrel*. Kecepatan putaran *screw* yang terlalu tinggi mempercepat degradasi dan inhomogenitas, sedangkan kecepatan terlalu rendah mengurangi efektivitas pencampuran, meningkatkan risiko cacat *black spot* pada komposisi *regrind* tinggi.

Interaksi antara komposisi *regrind* HDPE dan temperatur *barrel* menunjukkan bahwa peningkatan *regrind* dari 20% ke 60% meningkatkan peluang cacat *black spot*, terutama pada suhu 221°C, karena sensitivitas material terhadap suhu pemrosesan ekstrem. Probabilitas cacat rendah ditemukan pada *regrind* 20-30% dengan suhu *barrel* sekitar 200 °C, yang didukung oleh analisis regresi sebagai suhu optimal. Kecepatan putaran *screw* yang tinggi meningkatkan gesekan dan shear, menghasilkan panas berlebih dan cacat, sementara desain *screw* yang optimal

memastikan pencampuran homogen. Struktur kristalin HDPE dapat rusak pada suhu tinggi, dan komposisi *regrind* yang tidak seragam meningkatkan risiko inhomogenitas dan cacat. Ilmu termodinamika menegaskan bahwa suhu *barrel* yang tinggi menyebabkan degradasi termal HDPE, sementara suhu optimal (200°C) menjaga stabilitas material, memperkuat temuan bahwa kombinasi optimal adalah *regrind* sedang dan suhu *barrel* sekitar 200 °C.

Peningkatan suhu *barrel* dan kecepatan putaran *screw* pada pemrosesan HDPE *regrind* secara signifikan mempengaruhi risiko cacat *black spot*. Suhu *barrel* yang terlalu tinggi (221 °C) meningkatkan risiko degradasi termal, sementara suhu optimal (175 °C – 198 °C) mengurangi risiko ini. Kecepatan putaran *screw* yang tinggi meningkatkan gesekan dan shear, menyebabkan panas berlebih dan cacat, sedangkan kecepatan yang terlalu rendah dapat mengurangi efektivitas pencampuran. Kombinasi suhu 175°C dan kecepatan 82 RPM menghasilkan cacat minimal karena suhu rendah mencegah degradasi dan kecepatan rendah memungkinkan pencampuran homogen. Penggunaan material *regrind* dengan partikel tidak seragam juga meningkatkan risiko cacat, terutama pada suhu tinggi dan kecepatan *screw* tinggi.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah didapatkan, *three-way interaction* atau interaksi antar ketiga variabel bebas yaitu temperatur *barrel* (°C), kecepatan putaran *screw* (RPM) dan komposisi material *regrind* (%) menunjukkan bagaimana kombinasi tersebut mempengaruhi cacat *black spot* secara signifikan. Kombinasi temperatur *barrel* 221°C, kecepatan putaran *screw* 98 RPM dan komposisi material *regrind* 60% menunjukkan peluang cacat paling tinggi. Temperatur yang tinggi dengan kecepatan *screw* yang tinggi serta proporsi *regrind* yang besar meningkatkan risiko degradasi termal dan ketidakseragaman pencampuran yang dapat menghasilkan cacat *black spot*. Temperatur

barrel 198°C kecepatan *screw* 82 RPM dengan komposisi material *regrind* 20%, pada kombinasi ini cenderung menunjukkan peluang cacat yang lebih rendah dengan kecepatan putaran *screw* sedang dan proporsi *regrind* yang lebih kecil memberikan kondisi yang lebih stabil untuk pelelehan dan pencampuran material HDPE.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian pengaruh temperatur *barrel*, kecepatan putaran *screw* dan komposisi material *regrind* terhadap cacat *black spot* pada produk bottle blank 200 Gram hasil cetak plastik *extrusion blow molding*, kesimpulan yang dapat diambil adalah :

Dari beberapa temperatur yang telah diuji temperatur *barrel* di 175 °C, 198 °C dan 221 °C. Suhu optimal untuk meminimalkan cacat bintik hitam terdapat pada suhu 198 °C, peluang cacat lebih rendah dibandingkan dengan temperatur yang lebih rendah atau lebih tinggi, terutama pada komposisi material *regrind* yang lebih rendah pada hasil pengujian.

Kecepatan putaran *screw* terhadap cacat bintik hitam di 82 RPM, 90 RPM dan 98 RPM didapatkan hasil yang optimal. pada kecepatan putaran *screw* berkisar 82 sampai 90 RPM, pencampuran dan distribusi suhu yang lebih optimal dan stabil menghasilkan peluang cacat yang lebih rendah. Kecepatan putaran *screw* memang penting dalam proses produksi untuk efisiensi pencampuran dan laju aliran material. Namun, pembentukan *black spot* lebih dipengaruhi oleh faktor termal (temperatur *barrel*) dan sifat material (komposisi material *regrind*) daripada oleh pencampuran mekanis dan gaya gesekan yang diinduksi oleh variasi RPM. Dalam ilmu permesinan ini merupakan rentang kecepatan yang diuji dalam proses penelitian, perubahan kecepatan *screw* tidak menyebabkan perbedaan yang signifikan dalam tingkat cacat.

Pengujian komposisi material *regrind* di 20%, 40% dan 60% terhadap cacat *black spot*. Didapatkan komposisi material

regrind yang optimal di 20% - 40% dengan peluang cacat paling rendah saat proses ekstrusi material lebih homogen, karena jumlah material *regrind* lebih sedikit tidak signifikan mengganggu proses pencampuran dan pelelehan material.

Kombinasi dengan peluang cacat *black spot* terendah ditunjukkan pada kombinasi temperatur barrel 198 °C kecepatan putaran screw 90 RPM dan komposisi material *regrind* 20%. Dengan temperature sedang disertai kecepatan screw sedang dan proporsi *regrind* yang kecil memberikan kondisi stabil untuk pelelehan dan pencampuran komposisi material *High Density Polyethylene* (HDPE).

Referensi

- [1] Amirullah, M. B., & Yudistiro, D. (2019). Pengaruh Parameter Barrel Temperature, Blowing Time dan Blowing Pressure Terhadap Volume Produk Botol. *ELEMEN: JURNAL TEKNIK MESIN*, 6(2), 77–86.
- [2] Kutz, M. (2011). *Applied plastics engineering handbook: processing and materials*. William Andrew.
- [3] Schey, J. A. (1997). *Manufacturing processes and their selection*.
- [4] Belcher, S. L. (2011). Blow molding. In *Applied Plastics Engineering Handbook* (pp. 267–288). Elsevier.
- [5] Bhattacharya, S., & CHOUDHURY, G. S. (1994). Twin-screw extrusion of rice flour: Effect of extruder length-to-diameter ratio and barrel temperature on extrusion parameters and product characteristics. *Journal of Food Processing and Preservation*, 18(5), 389–406.
- [6] Chang, J., & Octavia, T. (2017). Upaya Penurunan Produk Cacat Departemen Blow Molding PT. X Surabaya. *Jurnal Titra*, 5(2), 111–116.
- [7] Cirak, B., & Mayda, M. (2018). Barrel temperature control for quality of thermoplastic polymers in the extrusion process. *Control Systems Engineering*, 2(1).
- [8] Findiani, R. (2019). Improvement of rHDPE plastic quality using six sigma and taguchi methods. *JEMIS (Journal of Engineering & Management in Industrial System)*, 7(2), 77–89.
- [9] Gibran, M. K., & Kristianta, F. X. (2017). Optimasi Waktu Siklus Produksi Kemasan Produk 50 ml pada Proses Blow Moulding Dengan Metode Respon Permukaan. *ROTOR*, 9(1), 35–39.
- [10] Handranto, L. (2018). *Penentuan level parameter proses mesin extruder dalam pembuatan produk hasil daur ulang botol plastik pet*.
- [11] Hermawan, Y., & Astika, I. M. (2009). Optimasi waktu siklus pembuatan kemasan produk chamomile 120 ml pada proses blow molding. *Jurnal Teknik Mesin*, 3(1), 18–25.
- [12] Ihsan, M. S. (2015). *Optimasi Waktu Siklus Produk Botol 150 ml pada Proses Blow Molding Menggunakan Metode Respon Permukaan*.
- [13] Kamaruddin, S., Zakarria, N. S., & Mehat, N. M. (2016). The influence of plastic extrusion blow molding parameters on waste reduction. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*, 11(20), 12029–12032.
- [14] Kana, T. P., Rahmayanti, H. D., & Didik, H. M. (2021). Study of defect on 180 ml HDPE bottles yogurt products with SMC B11 extrusion blow machine at PT X. *Kreator*, 8(1), 21–28.
- [15] Kristiyantoro, T. (2009). *Optimasi Waktu Siklus Pembuatan Kemasan Produk*. Chamomile.
- [16] Mount III, E. M. (2024). Extrusion processes. In *Applied plastics engineering handbook* (pp. 313–362). Elsevier.
- [17] Osarenwindu, J. O., & Olodu, D. D. (2015). Barrel temperature effects on the mechanical properties of injection moulded plastic products. *Nigerian Journal of Technology*, 34(2), 292–296.
- [18] Pattanakul, C., Selke, S., Lai, C., & Miltz, J. (1991). Properties of recycled

- high density polyethylene from milk bottles. *Journal of Applied Polymer Science*, 43(11), 2147–2150.
- [19] Sibarani, M., Allan, M. P., & Santika, P. M. (2018). Perancangan unit ekstruder pada mesin extrusion lamination flexible packaging. *Jurnal Teknik Mesin*, 2(2), 33–39.
- [20] Syarifuddin, A., & Misbah, A. (n.d.). Analysis Of Quality Control of Defects In 500 MI Plastic Bottle Products Using Fault Tree Analysis and FMEA Methods At PT. Berlina Tbk Pandaan. *SITEKIN: Jurnal Sains, Teknologi Dan Industri*, 21(1), 131–137.