

PENGARUH *HOLDING PRESSURE* DAN *HOLDING TIME* TERHADAP *DEFECT SHORT SHOT, FLASH*, DAN BERAT PRODUK CAP GALLON PADA PROSES *INJECTION MOLDING*

Moh. Husnul Amali dan Etik Puspitasari
Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang
E-mail: husnulamali007@gmail.com, etik.puspitasari@polinema.ac.id

ABSTRACT

Plastic injection molding is a rapidly growing method of forming plastic materials in the modern era. The injection molding process is used to create gallon caps by melting plastic materials, but not always yield perfect results, resulting in defects. Short shot and flash defects are the most common defects during the mold-making process, affecting the product's weight. The purpose of this study is to determine the effect of variations in holding pressure and holding time parameters on short-shot defects, flash defects, and weight in gallon cap products. The presence of short shot and flash defects can lead to discrepancies in the weight of gallon cap products compared to existing standards. This method used an experimental research approach by varying the independent variables of holding pressure and holding time, with data processing done using the design of experiments method utilizing statistical software. The parameter settings for this testing included holding pressure variations of 240 bar, 265 bar, and 290 bar, along with holding time variations of 0.6 seconds, 0.8 seconds, and 1 second. The research results show that the independent variables and holding time significantly affect the dependent variables of short shot defects, flash defects, and the weight of gallon cap products. The ideal parameters for manufacturing gallon caps are using the injection molding process with a holding pressure of 265 bar, a holding time of 0.6 seconds, and a product weight of 10,627 grams, with no product defects such as short shot defects and flash defects observed in a single trial. This can enhance the quality and quantity of gallon cap production.

Keywords: flash, holding pressure, holding time, injection molding, plastic, short shot

1. PENDAHULUAN

Pada Plastik saat ini banyak digunakan dalam pembuatan berbagai macam produk kemasan seperti makanan, minuman hingga peralatan kosmetik. Bahan baku plastik sering digunakan diberbagai industri penghasil produk *baby powder, cosmetics, medical, pharmacy, food*, dan *dairy* serta peralatan industri lainnya. Salah satu produk plastik yaitu cap gallon. Dalam proses produksi cap *gallon*, terdapat adanya komplain dari konsumen dengan ketidaksesuaian antara produk yang dibuat dan spesifikasi yang diberikan kepada pelanggan. Akibatnya, produk tersebut tidak memenuhi persyaratan yang telah ditentukan. Produk cap *gallon defect* karena parameter yang kurang optimal. *Short shot* dan *flashing* adalah jenis *defect* pada produk cap *gallon* sehingga dengan adanya *defect* pada produk cap *gallon* berat produk menjadi tidak stabil. *Defect* ini mempengaruhi

kualitas dan kuantitas produk hasil *injection molding*, dan kepuasan konsumen menjadi berkurang.

Proses *injection molding* merupakan proses yang paling banyak digunakan dalam memproduksi plastik (Mawardi & Hanif, 2015). Salah satu proses pembentukan plastik adalah dengan metode cetakan injeksi plastik (*plastic injection molding*) yang sekarang di era *modern* ini telah berkembang pesat dengan cepat (Devalia & Arief). Selanjutnya benda cetak dibiarkan membeku dan mendingin beberapa saat di dalam cetakan sebelum cetakan dilepas dan dibuka untuk mengeluarkan benda cetak (Mawardi, 2015). Pada proses *injection molding* tidak selalu mendapat hasil produk yang sempurna atau cacat (*defect*). Cacat (*defect*) yang biasa terjadi di produk cap gallon pada proses *injection molding* antara lain *short shot* dan *flash*. Proses injeksi plastik dipengaruhi oleh hubungan antara sifat material, bentuk cetakan, kapasitas mesin, serta parameter proses (Devalia & Arief). *Defect* produk dalam proses *injection molding* dapat menurunkan nilai kualitas produk yang dihasilkan dan mengakibatkan kerugian bagi perusahaan karena hasil output akhir produksi tidak optimal tidak sesuai dengan apa yang sudah direncanakan (Prabowo, 2016). Sedangkan parameter proses *setting* yang paling mempengaruhi cacat *short shot* adalah *holding time* dan *holding pressure*. Ketika dalam keadaan *holding pressure* dan *holding time* yang tinggi maka *cavity mold* akan terpenuhi. Akan tetapi yang mempengaruhi cacat *flashing* yaitu adanya parameter proses *setting holding time* dan *holding pressure* yang lama karena material yang masuk ke dalam cetakan akan semakin lama sehingga bisa terjadi cacat *flash*. Dengan peningkatan tekanan *holding* maka semakin *post supply* cairan masuk ke *molding*. Berat sampel akan melebihi berat normal dan dapat menghasilkan *flashing*, orientasi berlebihan dan distorsi (Mufid dkk., 2017).

Defect short shot, defect flash, dan berat produk yang terdapat pada produksi cap gallon disebabkan karena parameter proses dalam produksi kurang optimal antara lain pada *setting holding pressure* dan *setting holding time* (A. D. Adyaksa, 2021). Pada proses produksi dengan kondisi sekarang untuk parameter *holding pressure* 250bar sampai 280bar dan *holding time* 0,7s sampai 0,9s. Oleh karena itu, dampak dari kurangnya *setting* proses yang kurang optimal bisa mempengaruhi kualitas dari hasil produksi *injection molding*. Dengan adanya penelitian ini fokus pada parameter proses *holding pressure* dan *holding time* sebagai hal yang dapat mempengaruhi cacat (*defect short shot, flash*) dan berat produk pada proses *injection molding*, sehingga hasil penelitian

ini dapat digunakan sebagai acuan parameter setting di perusahaan agar menghasilkan produk yang bagus dan dapat meminimalisir *defect short shot* dan *defect flash*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Plastik

Dalam proses polimerisasi, beberapa molekul sederhana (monomer) digabungkan menjadi molekul besar (makromolekul), plastik adalah salah satu jenis makromolekul. Plastik terdapat dua jenis yaitu *thermosetting* dan *thermoplastic*. Plastik termoplastik tidak dapat digunakan lagi setelah dipanaskan karena tidak dapat mengikuti perubahan suhu. Sebaliknya, plastik termoplastik akan mencair ketika dipanaskan pada suhu tertentu dan bersifat *reversible*, artinya dapat diubah menjadi bentuk apa pun yang diinginkan. Plastik dapat dicetak dan dicetak ulang dalam berbagai bentuk dengan menggunakan proses ekstrusi dan *injection molding* (Sulistiyono, 2016).

1. PET/PETE (*Polyethylene Terephthalate*)

Polyethylene terephthalate (PET) dapat diproses menggunakan metode pencetakan umum seperti pencetakan injeksi, pencetakan tiup, dan ekstrusi. PET dibuat melalui polimerisasi etilen glikol dan asam tereftalat. PET banyak digunakan untuk membuat botol minuman berkarbonasi karena kekuatan, ketangguhan, ketahanan kimia, mulur yang rendah pada suhu tinggi, dan ketahanan abrasi dan panas yang tinggi.

2. HDPE atau PE-HD (*High-density Polyethylene*)

High density polyethylene (HDPE), adalah plastik termoplastik yang dibuat dari minyak bumi. Satu kilogram *high density polyethylene* (HDPE) dibuat dengan 1,75kg minyak bumi (sebagai bahan baku dan energi). HDPE memiliki simbol daur ulang nomor dua. Plastik jenis ini kaku, kuat, keras, dan buram

3. LDPE atau PE-LD (*Low-density Polyethylene*)

Polietilena berdensitas rendah, juga dikenal sebagai LDPE, adalah termoplastik yang pertama kali dibuat oleh Imperial Chemical Industries (ICI) pada tahun 1933 dengan menggunakan tekanan tinggi dan polimerisasi radikal bebas. LDPE memiliki tanda "4" yang menunjukkan bahwa itu dapat didaur ulang. LDPE dicirikan dengan densitas antara 0.910 - 0.940 g/cm³.

Salah satu metode manufaktur yang digunakan untuk mencetak bahan dari bahan *thermoplastik* adalah *injection molding*. Proses ini, yang membutuhkan kecepatan tinggi dan otomatis, dapat menghasilkan plastik berbentuk kompleks. Proses ini dimulai dengan

memasukan bijih plastik ke dalam *hopper*, kemudian menuju *barrel*, kemudian menuju barrel, didalamnya terdapat *screw* yang mengalirkan material leleh yang telah dipanasi menuju *nozzle* (A Yaqin, 2018).

2.2 Jenis defect

1. Short shot (Unmoulded)

Salah satu jenis kegagalan produk injeksi plastik adalah short shot (*unmoulded*), di mana material yang diinjeksikan tidak dapat mengisi seluruh ruang cetakan atau *cavity*, menyebabkan produk yang dihasilkan tidak sempurna. Plastik yang diinjeksikan ke dalam *cavity* mengeras sebelum memenuhi cetakan. Karena produk secara dimensi tidak sesuai standard, dan daya gunanya berkurang, *short shot* masuk ke dalam kategori *critical defect*. Oleh karena itu, *defect short shot* tidak memiliki batas toleransi sedikit pun yang ada pada produk.

2. Flash

Ketika plastik cair keluar melebihi rongga cetakan dan tetap melekat pada produk, ini disebut *defect flash*. Ini dapat terjadi karena injeksi yang berlebihan, dukungan cetakan yang tidak memadai, atau laju aliran yang tidak tepat. *Flashing* sendiri berarti lebih banyak material yang membeku di pinggir produk seperti sirip tipis atau kecil.

3. Berat Produk

Berat produk adalah metode yang digunakan untuk mengetahui berat dari suatu produk dari proses *injection molding*. Cara pengukuran berat pada produk cap *gallon* menggunakan neraca digital dengan dua digit angka dibelakang koma dengan satuan gram, Neraca digital adalah jenis neraca yang mampu menimbang produk atau benda hingga ukuran miligram sehingga neraca ini memiliki tingkat ketelitian yang tinggi.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Gambaran Umum

Waktu digunakan untuk mempermudah menyelesaikan target setiap minggunya agar membantu penelitian ini selesai pada tepat waktu, sesuai dengan penelitian yang dimulai pada Januari hingga Mei 2024. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dan jenis penelitian kuantitatif. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa berpengaruh suatu perlakuan tertentu serta ingin mendapatkan data

yang akurat berdasarkan fakta di lapangan untuk menguji hipotesis penelitian. Jadi, berdasarkan pernyataan ini, peneliti menggunakan pendekatan kuantitatif.

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Metode pengambilan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Dengan cara melakukan proses cetak plastik secara langsung di lapangan, sehingga bisa mengetahui hasil yang diakibatkan oleh beberapa parameter *setting* yang telah ditentukan. Penelitian ini diawali dengan melakukan percobaan dengan variasi variabel bebas yang telah ditentukan. Pada proses ini menggunakan mesin *injection molding*, dengan tetap memperhatikan dan tidak merubah variabel terkontrol yang ada. *Output* dari percobaan ini adalah variabel *dependen* (terikat) antara lain *defect short shot*, *defect flash*, dan berat produk. Ini adalah variabel yang terpengaruh atau hasil dari adanya variabel bebas. Selanjutnya, peneliti akan mengambil data dan mengolah data tersebut terkait hasil dari percobaan yang telah dilakukan.

3.3 Pengolahan Data

Penelitian ini menggunakan *design of experiments* dengan bantuan Minitab 21 untuk metode dalam mengolah data penelitian. Selanjutnya, data yang diperoleh diperiksa untuk mengetahui bagaimana dua variabel bebas mempengaruhi hasil tiga variabel terikat. Ada tiga kali pengulangan atau replikasi untuk variasi *holding pressure* dan *holding time* yang dibandingkan. Hasil dari percobaan akan digunakan untuk mengecek *defect* produk dan penimbangan produk, serta untuk menghitung rata-rata berat untuk setiap variasi *holding pressure* dan *holding time*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Short shot

Berikut ini tabel data hasil identifikasi dan pencatatan defect short shot yang diperoleh setelah proses mencetak sampel produk sebanyak 864 pcs produk cap gallon. Proses ini dilakukan dengan secara visual dan dilakukan pencatatan sehingga produk yang mengalami defect short shot akan diberi nilai 1 dan produk yang tidak mengalami defect short shot akan diberi nilai 0.

Setelah melakukan penelitian dan pengambilan data, maka data yang diperoleh akan dilakukan pengolahan data dengan menggunakan *software* statistik minitab. Tabel anova dan model summary yang dihasilkan dari analisis data adalah sebagai berikut :

Analysis of Variance

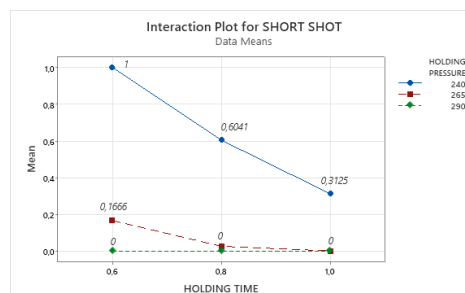
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	3	145,801	48,600	600,64	0,000
Linear	2	144,174	72,087	890,90	0,000
HOLDING PRESSURE	1	25,000	25,000	308,97	0,000
HOLDING TIME	1	119,174	119,174	1472,83	0,000
2-Way Interaction	1	1,628	1,628	20,12	0,000
HOLDING PRESSURE*HOLDING TIME	1	1,628	1,628	20,12	0,000
Error	860	69,587	0,081		
Lack-of-Fit	5	49,118	9,824	410,34	0,000
Pure Error	855	20,469	0,024		
Total	863	215,388			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,298582	64,47%	64,35%	64,18%

Gambar 1. Tabel Anova dan Summary Model

Nilai alfa (α) yang digunakan dalam penelitian ini adalah nilai maksimal dari kesalahan hipotesis alternatif yang diterima yaitu 5% atau 0,05. Dari variabel penelitian holding pressure, holding time, dan interaksi nilai P-Value nya adalah 0,000 atau kurang dari alfa (α) yang ditentukan, sehingga hipotesis nul (H_0) ditolak dan hipotesis alternatif (H_1) diterima, yang menunjukkan bahwa variabel diatas memiliki dampak signifikan dan interkasi terhadap defect short shot pada produk cap gallon. Selain itu, pada model summary nilai R-Sq sebesar 64,47% dan sisa nilai R-Sq sebesar 35,53% adalah hasil dari variabel yang tidak disertakan dan kesalahan yang terjadi selama pengambilan data.



Gambar 2. Grafik Interaksi Holding Pressure dan Holding Time

Tiga garis di atas menunjukkan variabel bebas *holding pressure*, masing-masing berwarna biru, merah, dan hijau. Garis biru menunjukkan *holding pressure* 240bar, garis merah menunjukkan 265bar, garis hijau menunjukkan 290bar. Pada penelitian ini, garis vertikal menunjukkan variabel terikat yaitu nilai rata-rata kemungkinan *defect short shot*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hanya tiga interaksi level variabel bebas yang menyebabkan *defect short shot*. Pada *holding time* 0,6 detik pada *holding pressure*

240bar, *defect short shot* rata-rata sebesar 1, dan pada *holding time* 1 detik pada *holding pressure* 265 bar dan 290 bar pada garis merah dan hijau, *defect short shot* turun dengan nilai 0 atau tidak ada *defect short shot* pada produk cap gallon. Ketika *holding pressure* dan *holding time* meningkat, nilai kemungkinan *defect short shot* menurun, seperti yang ditunjukkan pada grafik diatas.

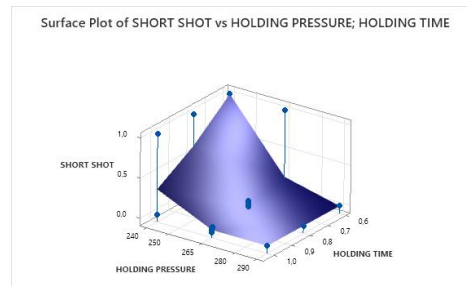


Figure 3. Grafik Surface Plot

Grafik ini terdiri dari tiga sumbu utama, dengan sumbu X menunjukkan variabel bebas holding time, sumbu Y menunjukkan variabel bebas holding pressure, dan sumbu Z menunjukkan variabel terikat defect short shot. Pada setiap level hasil kombinasi kedua variabel bebas yang dihubungkan ke permukaan, titik-titik menunjukkan level defect short shot produk cap gallon. Pada grafik holding pressure dan holding time yang nilainya rendah menunjukkan nilai kemungkinan cacat short shot yang lebih tinggi, yang diwakili oleh permukaan yang lebih tinggi. Sebaliknya, holding pressure dan holding time yang nilainya besar menunjukkan nilai kemungkinan defect short shot yang akan menurun dan menjadi rendah nilai defect short shot pada produk cap gallon. Nilai kemungkinan defect short shot terendah dihasilkan dari kombinasi holding pressure dengan level 265bar dan holding time dengan level 0,8 detik sampai 1 detik, kombinasi holding pressure dengan level 290bar dan holding time dengan level 0,6 detik sampai 1 detik. Sedangkan nilai kemungkinan defect short shot tertinggi dihasilkan oleh kombinasi holding pressure dengan level 240bar dan holding time dengan level 0,6 detik sampai 1 detik

4.2 Flash

Berikut ini tabel data hasil identifikasi dan pencatatan defect flash yang diperoleh setelah proses mencetak sampel produk sebanyak 864 pcs produk cap gallon. Proses ini dilakukan dengan secara visual serta menggunakan alat ukur vernier caliper. Selanjutnya, dilakukan pencatatan sehingga produk yang mengalami defect flash lebih dari 0,10mm akan diberi nilai 1 dan produk yang mengalami defect flash kurang dari 0,10mm akan diberi nilai 0.

16	0	0	0	0	0	0	1	0	1	
17	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
23	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Jumlah flash		0	0	0	0	0	0	3	3	4

 Holding Pressure (bar)	 Cavity	 Holding Time (s)								
		 0,6			 0,8			 1		
		 1	 2	 3	 1	 2	 3	 1	 2	 3
290bar	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	3	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	4	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	1	1	1
	7	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	9	1	1	1	0	1	1	1	1	0
	10	0	0	0	0	1	1	0	0	0
	11	0	0	0	0	0	0	1	1	0
	12	1	0	1	1	1	0	0	1	0
	13	0	0	0	1	0	1	0	0	0
	14	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	15	0	0	0	1	0	0	1	0	1
	16	0	0	0	0	1	1	0	0	1
	17	1	0	1	0	0	0	1	1	1
	18	0	1	0	0	0	0	0	1	1
	19	0	0	0	0	1	1	0	0	0
	20	0	0	0	1	0	0	1	1	1
	21	1	0	0	0	0	0	1	1	1
	22	0	1	0	1	0	1	0	0	0
	23	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	24	0	0	0	0	1	1	1	1	0
	25	0	0	1	0	0	0	1	1	1
	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	27	0	1	1	1	1	0	1	1	1
	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	29	0	0	0	1	1	0	0	0	1
	30	0	0	1	0	0	0	1	1	1
	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jumlah flash		4	4	6	9	8	8	15	16	16

Setelah melakukan penelitian dan pengambilan data, maka data yang diperoleh akan dilakukan pengolahan data dengan menggunakan *software* statistik minitab. Tabel anova dan model summary yang dihasilkan dari analisis data adalah sebagai berikut :

Analysis of Variance

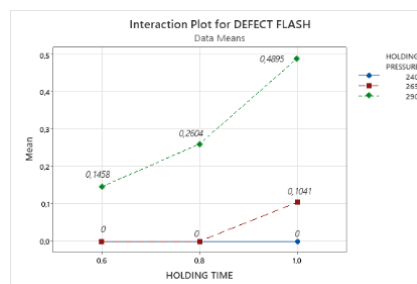
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	3	141,280	47,093	545,76	0,000
Linear	2	138,778	69,389	804,14	0,000
HOLDING PRESSURE	1	25,000	25,000	289,72	0,000
HOLDING TIME	1	113,778	113,778	1318,55	0,000
2-Way Interaction	1	2,503	2,503	29,00	0,000
HOLDING PRESSURE*HOLDING TIME	1	2,503	2,503	29,00	0,000
Error	860	74,209	0,086		
Lack-of-Fit	5	41,907	8,381	221,85	0,000
Pure Error	855	32,302	0,038		
Total	863	215,490			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,294951	65,18%	65,06%	64,89%

Gambar 4. Anova dan Summary Model

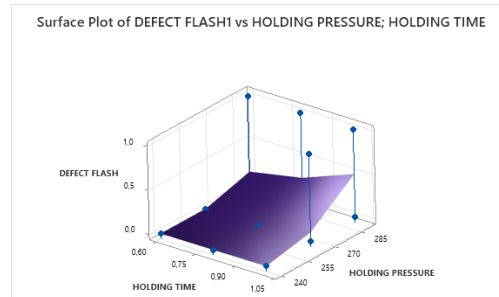
Nilai alfa (α) yang digunakan dalam penelitian ini adalah nilai maksimal dari kesalahan hipotesis alternatif yang diterima yaitu 5% atau 0,05. Dari variabel penelitian holding pressure, holding time, dan interaksi nilai P-Value nya adalah 0,000 atau kurang dari alfa (α) yang ditentukan, sehingga hipotesis nul (H_0) ditolak dan hipotesis alternatif (H_1) diterima, yang menunjukkan bahwa variabel diatas memiliki dampak signifikan dan interkasi terhadap defect flash pada produk cap gallon. Selain itu, pada model summary nilai R-Sq sebesar 65,18% dan sisa nilai R-Sq sebesar 34,82% adalah hasil dari variabel yang tidak disertakan dan kesalahan yang terjadi selama pengambilan data.



Gambar 5. Grafik Interaksi Holding Pressure dan Holding Time

Tiga garis di atas menunjukkan variabel bebas *holding pressure*, masing-masing berwarna biru, merah, dan hijau. Garis biru menunjukkan *holding pressure* 240bar, garis merah menunjukkan 265bar, garis hijau menunjukkan 290bar. Pada penelitian ini, garis vertikal menunjukkan variabel terikat yaitu nilai rata-rata kemungkinan *flash*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hanya tiga interaksi level variabel bebas yang menyebabkan *defect flash*. Pada *holding time* 0,6 detik pada *holding pressure* 240bar, *defect flash* rata-rata sebesar 0, dan pada *holding time* 1 detik pada *holding pressure* 265 bar dan 290 bar pada garis merah dan hijau, *defect flash* naik dengan nilai rata-rata 0,10

dan 0,49. Ketika *holding pressure* dan *holding time* meningkat, nilai kemungkinan *defect flash* naik, seperti yang ditunjukkan pada grafik diatas.



Gambar 6. Grafik Surface Plot

Grafik ini terdiri dari tiga sumbu utama, dengan sumbu X menunjukkan variabel bebas holding time, sumbu Y menunjukkan variabel bebas holding pressure, dan sumbu Z menunjukkan variabel terikat defect flash. Pada setiap level hasil kombinasi kedua variabel bebas yang dihubungkan ke permukaan, titik-titik menunjukkan level defect flash produk cap gallon. Pada grafik holding pressure dan holding time yang nilainya rendah menunjukkan nilai kemungkinan defect flash yang lebih kecil, yang diwakili oleh permukaan yang lebih rendah. Sebaliknya, holding pressure dan holding time yang nilainya besar menunjukkan nilai kemungkinan defect flash yang akan menaik dan menjadi tinggi nilai defect flash pada produk cap gallon. Nilai kemungkinan defect flash terendah dihasilkan dari kombinasi holding pressure dengan level 240bar dan holding time dengan level 0,6 detik. Sedangkan, nilai kemungkinan defect flash tertinggi dihasilkan oleh kombinasi holding pressure dengan level 290bar dan holding time dengan level 1 detik.

4.3 Berat Produk

Berikut ini adalah tabel data berat produk yang diperoleh setelah hasil proses penimbangan produk cap gallon menggunakan alat ukur massa yaitu neraca analitik

Tabel 3. Data berat produk

<i>Holding Pressure</i> (bar)	<i>Cavity</i>	<i>Holding Time (s)</i>								
		0,6			0,8			1		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
240bar	1	10,41	10,41	10,40	10,47	10,48	10,50	10,58	10,58	10,57
	2	10,46	10,45	10,46	10,50	10,51	10,51	10,59	10,57	10,57
	3	10,45	10,45	10,43	10,49	10,48	10,50	10,55	10,56	10,56
	4	10,42	10,44	10,42	10,48	10,48	10,46	10,52	10,54	10,53
	5	10,46	10,42	10,45	10,49	10,50	10,50	10,57	10,59	10,54
	6	10,42	10,42	10,43	10,50	10,52	10,49	10,56	10,56	10,56
	7	10,39	10,41	10,41	10,48	10,46	10,47	10,56	10,54	10,56
	8	10,45	10,46	10,44	10,50	10,52	10,52	10,58	10,57	10,57
	9	10,43	10,41	10,42	10,48	10,50	10,50	10,59	10,59	10,57
	10	10,41	10,39	10,41	10,47	10,47	10,47	10,53	10,52	10,50
	11	10,46	10,46	10,44	10,51	10,49	10,50	10,56	10,57	10,57
	12	10,44	10,44	10,46	10,50	10,49	10,49	10,56	10,55	10,56
	13	10,44	10,41	10,41	10,48	10,48	10,48	10,55	10,53	10,55
	14	10,38	10,39	10,38	10,46	10,45	10,47	10,57	10,56	10,56
	15	10,39	10,39	10,39	10,49	10,49	10,48	10,57	10,56	10,57
	16	10,40	10,42	10,41	10,48	10,47	10,47	10,55	10,53	10,53
	17	10,39	10,41	10,40	10,49	10,50	10,47	10,54	10,54	10,53
	18	10,41	10,42	10,42	10,47	10,49	10,49	10,56	10,58	10,56
	19	10,44	10,44	10,44	10,50	10,48	10,48	10,58	10,57	10,58
	20	10,40	10,41	10,41	10,49	10,48	10,50	10,56	10,56	10,54
	21	10,46	10,44	10,46	10,51	10,50	10,49	10,54	10,54	10,56
	22	10,46	10,47	10,46	10,51	10,49	10,49	10,56	10,57	10,57
	23	10,42	10,43	10,42	10,47	10,48	10,50	10,57	10,58	10,56
	24	10,47	10,46	10,44	10,50	10,50	10,48	10,54	10,56	10,56
	25	10,42	10,42	10,42	10,49	10,49	10,49	10,55	10,54	10,57
	26	10,43	10,41	10,44	10,51	10,51	10,48	10,57	10,56	10,56
	27	10,44	10,42	10,41	10,52	10,52	10,50	10,55	10,55	10,56
	28	10,47	10,45	10,46	10,50	10,50	10,49	10,54	10,55	10,55
	29	10,42	10,40	10,44	10,50	10,48	10,49	10,55	10,57	10,57
	30	10,42	10,40	10,41	10,49	10,50	10,49	10,55	10,55	10,58
	31	10,44	10,41	10,42	10,49	10,49	10,50	10,56	10,57	10,57
	32	10,46	10,45	10,46	10,52	10,51	10,49	10,55	10,57	10,55
Rata-rata Berat (gr)		10,430	10,425	10,427	10,492	10,491	10,489	10,558	10,559	10,558

<i>Holding Pressure</i> (bar)	<i>Cavity</i>	<i>Holding Time (s)</i>								
		0,6			0,8			1		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
265bar	1	10,62	10,60	10,62	10,65	10,63	10,62	10,69	10,70	10,70
	2	10,63	10,62	10,61	10,62	10,62	10,66	10,68	10,72	10,71
	3	10,68	10,67	10,68	10,71	10,72	10,73	10,76	10,79	10,76
	4	10,64	10,62	10,63	10,64	10,67	10,68	10,71	10,73	10,73
	5	10,63	10,61	10,63	10,65	10,66	10,66	10,70	10,71	10,71
	6	10,60	10,58	10,61	10,65	10,68	10,68	10,72	10,70	10,72
	7	10,63	10,62	10,60	10,66	10,70	10,67	10,72	10,71	10,71
	8	10,64	10,63	10,64	10,67	10,68	10,66	10,72	10,74	10,71
	9	10,62	10,61	10,61	10,65	10,66	10,65	10,70	10,71	10,69
	10	10,68	10,69	10,68	10,70	10,73	10,72	10,78	10,79	10,76
	11	10,67	10,66	10,66	10,72	10,70	10,74	10,76	10,77	10,75
	12	10,66	10,63	10,64	10,72	10,72	10,73	10,71	10,77	10,75
	13	10,63	10,60	10,62	10,65	10,68	10,67	10,70	10,70	10,72
	14	10,69	10,67	10,69	10,73	10,73	10,72	10,75	10,77	10,75
	15	10,64	10,64	10,66	10,64	10,71	10,68	10,74	10,74	10,74

16	10,65	10,63	10,64	10,68	10,72	10,72	10,75	10,76	10,75
17	10,60	10,59	10,61	10,62	10,65	10,64	10,70	10,72	10,72
18	10,63	10,60	10,61	10,66	10,69	10,68	10,72	10,72	10,71
19	10,67	10,68	10,68	10,70	10,71	10,72	10,74	10,75	10,75
20	10,63	10,60	10,63	10,64	10,68	10,70	10,73	10,74	10,75
21	10,61	10,60	10,62	10,67	10,63	10,65	10,68	10,69	10,68
22	10,62	10,63	10,60	10,64	10,61	10,66	10,67	10,69	10,69
23	10,60	10,58	10,58	10,63	10,66	10,65	10,68	10,72	10,71
24	10,64	10,62	10,60	10,68	10,70	10,72	10,73	10,71	10,70
25	10,62	10,60	10,62	10,65	10,61	10,64	10,68	10,69	10,68
26	10,58	10,59	10,60	10,63	10,63	10,62	10,68	10,68	10,69
27	10,58	10,57	10,61	10,63	10,62	10,61	10,66	10,68	10,67
28	10,59	10,57	10,59	10,61	10,63	10,63	10,69	10,70	10,69
29	10,60	10,60	10,59	10,62	10,64	10,63	10,70	10,72	10,71
30	10,63	10,62	10,60	10,67	10,63	10,64	10,68	10,67	10,68
31	10,57	10,58	10,61	10,62	10,63	10,63	10,69	10,69	10,69
32	10,57	10,57	10,59	10,60	10,64	10,63	10,68	10,70	10,69
Rata-rata Berat (gr)	10,627	10,615	10,624	10,657	10,668	10,670	10,709	10,721	10,715

<i>Holding Pressure (bar)</i>	<i>Cavity</i>	<i>Holding Time (s)</i>								
		0,6			0,8			1		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
290bar	1	10,73	10,73	10,72	10,76	10,78	10,78	10,83	10,83	10,84
	2	10,72	10,71	10,70	10,74	10,76	10,75	10,80	10,83	10,84
	3	10,80	10,81	10,80	10,83	10,83	10,84	10,87	10,89	10,90
	4	10,76	10,77	10,76	10,80	10,82	10,82	10,83	10,84	10,84
	5	10,76	10,76	10,75	10,79	10,82	10,82	10,85	10,86	10,86
	6	10,74	10,73	10,73	10,78	10,81	10,80	10,83	10,83	10,86
	7	10,77	10,78	10,78	10,78	10,80	10,81	10,85	10,86	10,85
	8	10,78	10,78	10,79	10,81	10,84	10,82	10,82	10,84	10,85
	9	10,74	10,74	10,74	10,78	10,82	10,83	10,84	10,86	10,86
	10	10,81	10,80	10,81	10,83	10,85	10,85	10,90	10,90	10,91
	11	10,79	10,78	10,78	10,80	10,81	10,81	10,85	10,86	10,86
	12	10,80	10,80	10,82	10,82	10,82	10,82	10,85	10,85	10,87
	13	10,77	10,74	10,74	10,78	10,80	10,79	10,83	10,84	10,84
	14	10,82	10,82	10,81	10,84	10,86	10,86	10,91	10,91	10,93
	15	10,76	10,77	10,77	10,80	10,83	10,82	10,86	10,86	10,88
	16	10,78	10,79	10,79	10,83	10,84	10,84	10,88	10,87	10,89
	17	10,77	10,77	10,78	10,82	10,85	10,85	10,88	10,89	10,89
	18	10,74	10,75	10,74	10,78	10,79	10,80	10,84	10,85	10,87
	19	10,78	10,76	10,78	10,80	10,81	10,81	10,85	10,86	10,86
	20	10,79	10,79	10,86	10,83	10,83	10,84	10,86	10,87	10,87
	21	10,72	10,75	10,74	10,75	10,76	10,76	10,80	10,82	10,82
	22	10,72	10,72	10,73	10,82	10,81	10,81	10,84	10,85	10,87
	23	10,74	10,74	10,72	10,77	10,77	10,78	10,86	10,88	10,88
	24	10,76	10,75	10,72	10,76	10,78	10,79	10,87	10,89	10,89
	25	10,74	10,71	10,73	10,78	10,77	10,77	10,80	10,81	10,80
	26	10,73	10,73	10,72	10,79	10,82	10,82	10,83	10,84	10,84
	27	10,74	10,72	10,76	10,76	10,78	10,80	10,81	10,82	10,82
	28	10,74	10,71	10,74	10,79	10,81	10,80	10,84	10,83	10,85
	29	10,73	10,72	10,72	10,78	10,81	10,81	10,83	10,84	10,84
	30	10,72	10,69	10,70	10,77	10,78	10,81	10,84	10,85	10,85
	31	10,71	10,71	10,73	10,77	10,80	10,82	10,85	10,84	10,86
	32	10,73	10,72	10,72	10,78	10,81	10,81	10,84	10,86	10,85
Rata-rata Berat (gr)	10,756	10,752	10,756	10,791	10,808	10,811	10,845	10,854	10,861	

Setelah melakukan penelitian dan pengambilan data, maka data yang diperoleh akan dilakukan pengolahan data dengan menggunakan *software* statistik minitab. Tabel anova dan model summary yang dihasilkan dari analisis data adalah sebagai berikut :

Analysis of Variance

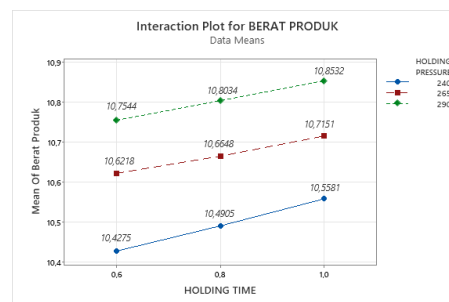
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	3	15,6760	5,2253	6051,75	0,000
Linear	2	15,6518	7,8259	9063,59	0,000
HOLDING PRESSURE	1	13,9845	13,9845	16196,17	0,000
HOLDING TIME	1	1,6673	1,6673	1931,02	0,000
2-Way Interaction	1	0,0242	0,0242	28,06	0,000
HOLDING PRESSURE*HOLDING TIME	1	0,0242	0,0242	28,06	0,000
Error	860	0,7426	0,0009		
Lack-of-Fit	5	0,0878	0,0176	22,93	0,000
Pure Error	855	0,6548	0,0008		
Total	863	16,4186			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,0291827	94,04%	94,01%	93,98%

Gambar 7. Anova dan Summary Model

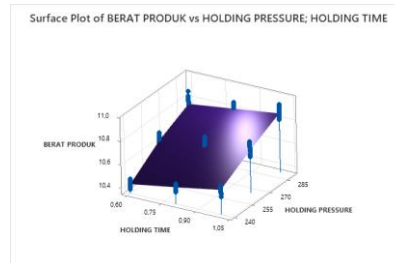
Nilai alfa (α) yang digunakan dalam penelitian ini adalah nilai maksimal dari kesalahan hipotesis alternatif yang diterima yaitu 5% atau 0,05. Dari variabel penelitian holding pressure, holding time, dan interaksi nilai P-Value nya adalah 0,000 atau kurang dari alfa (α) yang ditentukan, sehingga hipotesis nul (H_0) ditolak dan hipotesis alternatif (H_1) diterima, yang menunjukkan bahwa variabel diatas memiliki dampak dan interkasi yang signifikan terhadap berat produk cap gallon. Selain itu, pada model summary nilai R-Sq sebesar 94.04% dan sisa nilai R-Sq sebesar 5,96% adalah hasil dari variabel yang tidak disertakan dan kesalahan yang terjadi selama pengambilan data.



Gambar 8. Grafik Interaksi Holding Pressure dan Holding Time

Tiga garis di atas menunjukkan variabel bebas *holding pressure*, masing-masing berwarna biru, merah, dan hijau. Garis biru menunjukkan *holding pressure* 240bar, garis merah menunjukkan 265bar, garis hijau menunjukkan 290bar. Pada penelitian ini, garis vertikal menunjukkan variabel terikat yaitu nilai rata-rata berat produk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hanya tiga interaksi level variabel bebas yang menyebabkan berat produk naik dan turun. Pada *holding time* 0,6 detik pada *holding pressure* 240bar, berat produk rata-rata sebesar 10,42gr, dan pada *holding time* 1 detik dan *holding pressure* 290

bar di hijau, berat produk menjadi naik dengan nilai rata-rata berat 10,85gr. Ketika *holding pressure* dan *holding time* meningkat, nilai berat produk menjadi naik, seperti yang ditunjukkan pada grafik diatas.



Gambar 9. Grafik Surface Plot

Grafik ini terdiri dari tiga sumbu utama, dengan sumbu X menunjukkan variabel bebas holding time, sumbu Y menunjukkan variabel bebas holding pressure, dan sumbu Z menunjukkan variabel terikat berat produk. Pada setiap level hasil kombinasi kedua variabel bebas yang dihubungkan ke permukaan, titik-titik menunjukkan level berat produk cap gallon. Pada grafik holding pressure dan holding time yang nilainya rendah menunjukkan nilai berat produk yang lebih ringan, yang diwakili oleh permukaan yang lebih rendah. Sebaliknya, holding pressure dan holding time yang nilainya besar menunjukkan nilai berat produk yang akan naik dan menjadi lebih berat. Nilai berat produk yang ringan dihasilkan dari kombinasi holding pressure dengan level 240bar dan holding time dengan level 0,6 detik. Sedangkan, nilai berat produk yang berat dihasilkan oleh kombinasi holding pressure dengan level 290bar dan holding time dengan level 1 detik.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penjelasan yang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Variabel holding pressure sangat mempengaruhi defect short shot, defect flash, dan berat produk cap gallon. Pada holding pressure yang digunakan rendah material akan sulit memenuhi lubang cetakan, yang meningkatkan kemungkinan nilai defect short shot. Jika holding pressure yang digunakan tinggi, maka kemungkinan defect short shot akan lebih rendah karena holding pressure yang tinggi akan menyebabkan material lelehan plastik akan mudah untuk memenuhi lubang cetakan, Namun, kemungkinan defect flash meningkat jika holding pressure terlalu tinggi. Pada holding

pressure 240bar, berat produk terendah adalah 10,492 gram. Pada holding pressure 290bar berat produk meningkat karena material lelehan yang masuk cetakan semakin besar, sehingga berat produk meningkat menjadi 10,803 gram pada holding pressure 290bar. Peningkatan berat produk disebabkan oleh tingginya holding pressure saat proses mencetak, yang membuat material lebih mudah memenuhi lubang. Holding pressure yang tinggi juga menyebabkan produk yang dihasilkan menjadi lebih padat, yang berarti bahwa berat produk akan meningkat seiring dengan holding pressure yang digunakan.

2. Variabel holding time sangat mempengaruhi defect short shot, defect flash, dan berat produk cap gallon. Jika holding time yang digunakan lebih cepat, material akan sulit memenuhi lubang cetakan, yang meningkatkan kemungkinan defect short shot. Jika holding time yang digunakan lebih lama, maka kemungkinan defect short shot akan lebih rendah karena holding time yang lama memiliki waktu yang cukup sehingga akan menyebabkan material lelehan plastik akan mudah untuk memenuhi lubang cetakan. Namun, kemungkinan defect flash meningkat jika holding time terlalu lama. Pada holding time 0,6 detik, berat produk terendah adalah 10,601 gram. Pada holding time 1 detik berat produk meningkat karena ada waktu yang lama untuk material lelehan masuk pada cetakan, sehingga berat produk meningkat menjadi 10,708 gram pada holding time 1 detik. Peningkatan berat produk disebabkan oleh holding time yang lama saat proses mencetak, yang membuat material lebih mudah memenuhi lubang dengan adanya waktu yang sesuai. Holding time yang tinggi juga menyebabkan produk yang dihasilkan menjadi lebih padat, yang berarti bahwa berat produk akan meningkat seiring dengan holding time yang digunakan.

3. Interaksi kedua variabel bebas holding pressure dan holding time saling berinteraksi terhadap defect short shot dengan nilai kemungkinan defect short shot tertinggi senilai 1 yang dihasilkan pada kombinasi level 240bar dan 0,6 detik. Nilai ini terus menurun seiring dengan peningkatan level holding pressure dan holding time. Interaksi kedua variabel bebas holding pressure dan holding time saling berinteraksi terhadap defect flash pada kombinasi level 240bar dan 0,6 detik nilai kemungkinan defect flash senilai 0 (nol). Dengan holding pressure dan holding time yang meningkat, nilai kemungkinan cacat flashing meningkat dengan nilai rata-rata 0,48, pada kombinasi 290bar dan 1 detik. Sehingga ketika holding pressure dan holding time

meningkat, nilai kemungkinan defect flash akan naik. Interaksi ketiga variabel bebas holding pressure dan holding time saling berinteraksi terhadap berat produk cap gallon pada kombinasi level 240bar dan 0,6 detik menghasilkan rata-rata berat produk terendah sebesar 10,427 gram. Pada kombinasi level 290bar dan 1 detik menghasilkan rata-rata berat produk tertinggi sebesar 10,853 gram. Parameter penelitian yang ideal untuk menghasilkan produk cap gallon dengan berat yang sesuai sebesar 10,60 gram – 10,75 gram, namun dengan nilai defect short shot dan defect flash yang kecil yaitu dengan kombinasi parameter holding pressure 265 bar dan holding time 0,8 detik hingga 1 detik.

Dengan kesimpulan diatas holding pressure dan holding time yang ideal didapatkan pada settingan holding pressure 265bar dan holding time 0,6 detik dengan nilai defect short shot dan flash yang kecil serta rata-rata berat produk sebesar 10,62gr.

DAFTAR PUSTAKA

- Andre Maulana Akbar, A. R. (2021). *Proses Pembuatan Tutup Galon dengan Material Low Density Polyethylene (Ldpe)*.
- Antonio Cascales, C. P.-M. (2024). *Evaluation of Thermoplastic Starch Contamination in the Mechanical Recycling of High-Density Polyethylene*.
- Budiyantoro, C., & Lingkar Selatan Tamantirto Kasihan Bantul Yogyakarta, J. (N.D.). *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin Xv (Snttm Xv) Pengaruh Variasi Tekanan dan Waktu Tahan pada Proses Injeksi Plastik terhadap Berat serta Penyusutan Produk (the Influence of Various Holding Pressure and Holding Time on Injection Molding Process to the Weight and Shrinkage Values of Product)*.
- Devalia, P. T., & Arief, T. M. (2019). Analisis dan Optimasi Parameter Proses Injeksi Plastik Multi Cavity untuk Meminimalkan Cacat Short Mold.
- Elzbieta. (2020), Characteristics of injection molded parts with the areas of weld lines. POLIMERY, 335-414.
- Fahrizal, A. (2021). Analisa Pengaruh Temperatur Injeksi, Waktu Injeksi dan Tekanan Injeksi terhadap Cacat Short Shot pada Proses Cetak Plastik. Malang: Polinema.

- Fahrizal, F., Rahman As'ad, N., & Selamat. Prosiding Teknik Industri Usulan Perbaikan Kualitas untuk Meminimasi Kecacatan pada Produk Casing Tc Usb di Pt. Indah Varia Eka Selaras dengan Menggunakan Metode Triz.
- Hakim, R., Makruf, A., Nurasa, A., Wahyudi, I., Negeri Batam Jl Ahmad Yani Kota Batam, P., Riau, K., Epsilon Batam Batamindo Industrial Park, P., Rambutan Lot No, J., Nongsa, K., & Batam, K. (2020). Pengaruh Variasi Metering Stroke terhadap Cacat Produk Cetakan Injeksi Plastik. *Jurnal Teknologi Terapan* |, 6(2).
- Iskandar, N., Fajri, D., Vendiza, R., & Sudharto, J. (N.D.-A). Analisis Cacat *Short Shot* dalam Proses Injection Molding pada Komponen *Shroud Fan*.
- Jiquan L, W. L. (2021). Reducing the Burn Marks on Injection-Molded Parts by External Gas-Assisted Injection Molding. MDPI, 1-10.
- Julian Vogelwaid, M. B. (2024). *Process Optimization of the Morphological Properties of Epoxy Resin Molding Compounds Using Response Surface Design*
- Mawardi, I., & Hanif, D. (2015). Analisis Kualitas Produk dengan Pengaturan Parameter Temperatur Injeksi Material Plastik Polypropylene (Pp) pada Proses *Injection Molding*. In *Malikussaleh Industrial Engineering Journal* (Vol. 4, Issue 2).
- Mufid, A. K., Budiyanoro, C., Budi, M., & Rahman, N. (2017). *Perancangan Injection Molding dengan Sistem Three Plate Mold pada Produk Glove Box* (Vol. 1, Issue 2).
- Murtagin, B. 1. A. (2019). "Telaah Kajian dan Literature Review Design of Experiment (DoE), *Journal of Advances in Information and Industrial Technology*, 7(1), 33-40.
- Puji Ibnu Mimbar Maulana, M., Budiyanoro, C., Sosiati, H., Lingkar Selatan Tamantirto, J., & Yogyakarta, D. (2017). Optimalisasi Parameter Proses Injeksi pada Abs *Recycle Material* untuk Memperoleh *Shrinkage Longitudinal* dan *Tranversal Minimum* (Vol. 1, Issue 1).
- Prayoga, F. (2021). Pengaruh Waktu Injeksi, Kecepatan Injeksi dan Temperatur Injeksi terhadap Penyusutan Produk Food Container Jar pada Proses Cetak Plastik.
- Qomariah, S., & Dani, A. (2023). Pengaruh *Inject Pressure* dan *Clamping Force* terhadap Cacat *Flashing* pada Proses *Injection Molding Cover Pot* Informasi Artikel Abstrak. 06(01), 21–28.

Serfandi, D. N. (2020). Pengaruh Waktu Injeksi dan Tekanan Injeksi terhadap Berat Produk *Funnel* pada Proses *Injection Moulding*.

Zhe-Wei Zhou, H.-Y. Y.-X.-H.-C. (2023). *Prediction of Short-Shot Defects in Injection Molding by Transfer Learning*. Taoyuan City.

Halaman ini sengaja dikosongkan