

OPTIMASI INJECT PRESSURE DAN BACK PRESSURE UNTUK MEMINIMALKAN BUBBLE DEFECT PRODUK BOTOL 190 ML

Arif Rochman Fachrudin¹, Fina Andika Frida Astuti^{2*}

^{1,2}Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang

¹arifrochman.f@polinema.ac.id,

*Corresponding Autor: ²fina.andika@polinema.ac.id

ABSTRACT

The quality of plastic packaging products is a crucial factor in maintaining customer satisfaction. In the production of 190 ml bottles at PT X, one recurring issue is bubble defects, which often lead to customer complaints. To address this problem, process parameter analysis was conducted using Response Surface Methodology (RSM). The variables tested included inject pressure (1700, 1800, 1900 psi) and back pressure (150, 200, 250 psi). Through RSM modeling, the optimum combination was found at an inject pressure of 1918.57 psi and a back pressure of 240.71 psi. This condition resulted in bubble defects of 4.744 pieces in 190 ml bottles. These findings highlight that proper adjustment of process parameters can significantly reduce defects and improve product quality.

Keywords: reciprocating, blow molding, bubble defect, inject pressure, back pressure

ABSTRAK

Kualitas produk kemasan plastik merupakan faktor penting dalam menjaga kepuasan pelanggan. Pada produksi botol 190 ml di PT X, salah satu masalah yang sering muncul adalah *bubble defect* yang memicu keluhan dari customer. Untuk mengatasi hal tersebut, dilakukan analisis parameter proses menggunakan Response Surface Methodology (RSM). Variabel yang diuji meliputi *inject pressure* (1700, 1800, 1900 psi) dan *back pressure* (150, 200, 250 psi). Melalui pemodelan RSM diperoleh kombinasi optimum pada *inject pressure* 1918,57 psi dan *back pressure* 240,71 psi. Kondisi ini menghasilkan produk dengan *bubble defect* sebanyak 4,744 pcs pada botol 190 ml. Temuan ini menegaskan bahwa pengaturan parameter proses yang tepat dapat menekan jumlah *defect* dan meningkatkan kualitas produk secara signifikan.

Kata Kunci: *Reciprocating, Blow Molding, Bubble Defect, Inject Pressure, Back Pressure*

A. Pendahuluan

Plastik saat ini banyak digunakan sebagai bahan kemasan makanan dan minuman, termasuk botol 190 ml yang diproduksi PT X. Dalam proses produksinya sering muncul *bubble defect* yang menyebabkan ketidaksesuaian standar produk dan komplain dari konsumen. Berbagai jenis *defect* dalam proses blow molding dapat terjadi, seperti flashing, foreign material, sticking, dan webbing (Sariski et al., 2021), sedangkan cacat bubble tampak sebagai tonjolan kecil atau titik udara pada permukaan produk (Mulyana, 2020). Kondisi ini erat kaitannya dengan teknologi pencetakan yang digunakan dalam proses produksi.

Salah satu teknologi yang diterapkan adalah *Reciprocating Blow Molding (RBM)*, yaitu kombinasi antara extrusion blow molding untuk membentuk parison dan injection molding untuk memberikan tekanan pada lelehan plastik (Manas, 2018). Proses ini diawali dengan pemanasan material plastik hingga mencapai melting temperature di dalam barrel. Setelah meleleh, material dialirkan melalui unit ekstruder menuju head

mesin dan didistribusikan ke mandrel sesuai jumlah cetakan sehingga terbentuk parison. Tahap berikutnya adalah clamping atau penjepitan parison, kemudian dilakukan peniupan udara bertekanan agar plastik mengisi rongga cetakan. Pada tahap akhir dilakukan unclamping untuk melepaskan hasil cetakan, sehingga diperoleh produk berupa botol berkapasitas 190 ml.

Proses *Reciprocating Blow Molding (RBM)* tidak hanya bergantung pada tahapan mekanis, tetapi juga dipengaruhi oleh parameter tekanan yang digunakan selama produksi. *Inject pressure* adalah tekanan dari screw yang berfungsi mengalirkan lelehan plastik menuju head mesin dalam proses *RBM*. Tekanan ini memengaruhi kepadatan material pada produk akhir karena menentukan volume material yang dialirkan dalam setiap siklus produksi. Sementara itu, *back pressure* merupakan tekanan yang timbul dari pergerakan mundur screw untuk memadatkan lelehan plastik dari hopper. Tekanan ini diatur untuk menahan mundurnya screw saat proses charging berlangsung (Wahyudi, 2015). *Back pressure*

berperan dalam mengumpulkan dan memadatkan sejumlah volume material sebelum dialirkan ke ekstruder, sehingga turut memengaruhi kepadatan material yang dihasilkan.

Parameter tekanan seperti *inject pressure* dan *back pressure* yang digunakan dalam proses *RBM* memerlukan pendekatan analisis yang tepat untuk memahami pengaruhnya terhadap kualitas produk. Response Surface Methodology (RSM) adalah seperangkat teknik matematis dan statistik yang digunakan untuk memodelkan serta menganalisis masalah ketika beberapa variabel input memengaruhi suatu variabel respon, dengan tujuan akhir mengoptimalkan respon tersebut. Menurut Montgomery (2017), RSM sangat relevan diterapkan ketika hubungan antara input dan output tidak dapat dijelaskan sepenuhnya oleh teori fisik, sehingga diperlukan model empiris berbasis data percobaan. Dalam produksi kemasan plastik dengan mesin *RBM*, penggunaan RSM berhubungan erat dengan pengaturan tekanan pada proses pengaliran lelehan material,

yaitu *inject pressure* dan *back pressure*.

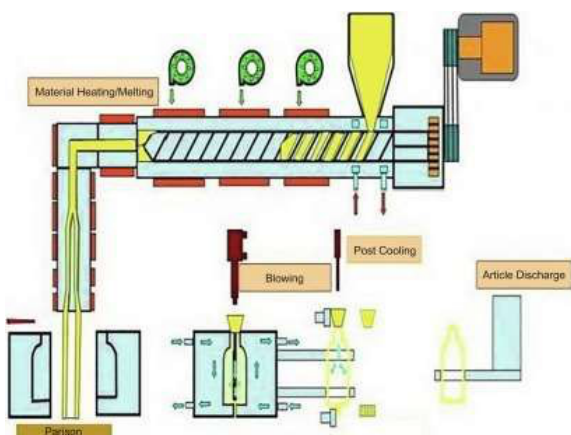
Dalam penelitian ini, fokus diarahkan pada pengaruh *inject pressure* dan *back pressure* dalam proses reciprocating blow molding terhadap *bubble defect*. Melalui analisis tersebut diharapkan diperoleh nilai tetapan parameter yang tepat untuk meminimalkan *defect* pada produk botol 190 ml.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan metode eksperimental dan termasuk jenis penelitian kuantitatif, karena bertujuan untuk mengetahui pengaruh variabel tertentu serta memperoleh data akurat berdasarkan fakta di lapangan untuk membuktikan hipotesis. Proses pencetakan plastik dilakukan menggunakan metode blow molding dengan mekanisme produksi sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.

Seperti ditunjukkan pada Gambar 1, blow molding merupakan metode pembentukan benda berongga dengan cara menggembungkan atau meniup tabung cair termoplastik (*parison*) ke dalam rongga cetakan (Belcher S.L,

2017). Dalam penelitian ini digunakan material utama HDPE dengan massa jenis $0,95 \text{ g/cm}^3$ dan titik lunak pada suhu 138°C (Puspitasari, 2016). Penelitian lain oleh Hartono dan Djoehana (2024) mengidentifikasi pengaruh temperatur barrel dan komposisi material regrind terhadap *defect* bintik hitam. Adapun Reciprocating Blow Molding merujuk pada mekanisme screw yang mengalirkan lelehan plastik ke die head mesin, kemudian secara terprogram diubah menjadi parison untuk ditransfer ke cetakan terbuka dan dibentuk menjadi produk blow molding melalui peniupan udara bertekanan. Salah satu *defect* yang dihasilkan dalam proses ini adalah *bubble defect*, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 1 Mekanisme *Blow Moulding*
(Sumber : Greene,2021)

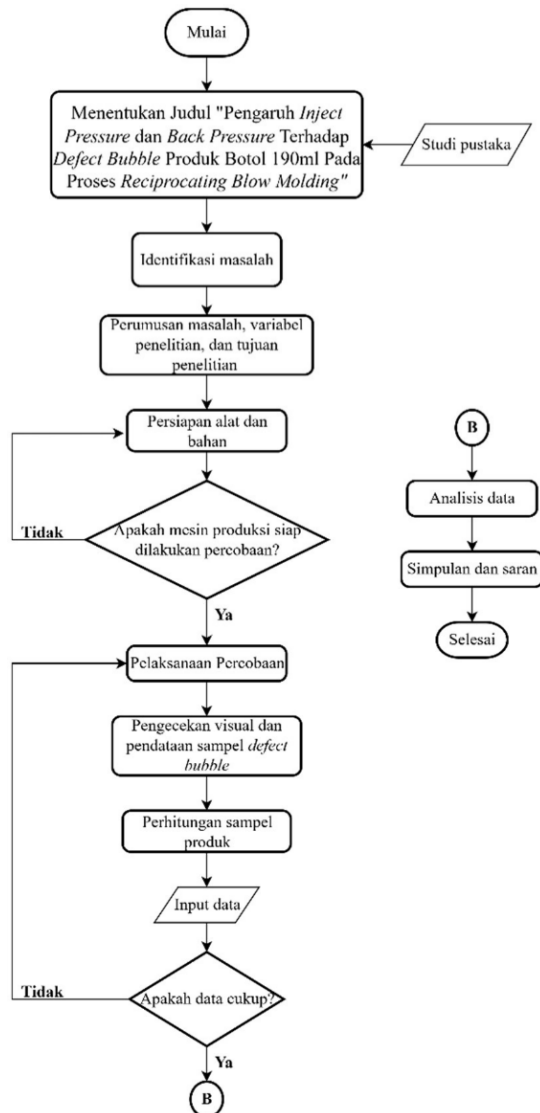


Gambar 2 *Bubble defect* Produk Botol 190 ml

Bubble defect (Gambar 2) pada produk blow molding terjadi karena adanya udara yang terjebak di dalam material plastik saat proses peniupan bertekanan. Produk dengan *defect* ini berisiko mengalami kebocoran ketika diisi cairan, sebab titik tersebut memiliki permukaan lebih tipis. Kadar air dalam material di atas 0,02% dapat memicu pembentukan gelembung selama proses ekstrusi, karena uap air menguap pada suhu tinggi (Singh et al., 2016). Penelitian ini dilaksanakan mulai dari penentuan judul hingga penarikan kesimpulan, melalui tahapan identifikasi masalah, percobaan, perhitungan sampel, dan analisis data sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.

Proses penelitian menggunakan mesin reciprocating blow molding dengan diameter screw 90 mm yang

terdapat di PT X. Percobaan dilakukan



dengan mengubah parameter mesin blow molding untuk mengetahui pengaruhnya terhadap jumlah produk yang mengalami *bubble defect*, dengan tetap memperhatikan faktor keselamatan serta pemenuhan standar spesifikasi produk. Analisis data dilakukan dengan memasukkan hasil percobaan ke dalam sistem pengolahan data untuk kemudian ditinjau lebih lanjut.

Gambar 3 Langkah Penelitian
Penelitian ini menggunakan tiga variasi *inject pressure* (1700, 1800, dan 1900 psi) serta tiga variasi *back pressure* (150, 200, dan 250 psi). Sampel produk botol 190 ml kemudian dianalisis untuk mengidentifikasi *bubble defect*. Pengolahan data dilakukan dengan metode Response Surface Methodology (RSM) menggunakan perangkat lunak statistik Minitab 20. RSM juga pernah digunakan oleh Mas'ud (2017) untuk menilai pengaruh preblow pressure terhadap ketebalan dan kemiringan botol pada proses blow molding. Data hasil percobaan diamati, diolah, dan dianalisis guna mengetahui pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat. Tahapan analisis meliputi uji normalitas untuk memastikan kelayakan data, Analysis of Variance (ANOVA) untuk menguji signifikansi pengaruh variabel, serta visualisasi hubungan antarvariabel melalui grafik contour plot sebagai dasar penarikan kesimpulan. Seluruh percobaan dilakukan dengan lima kali pengulangan untuk setiap kombinasi nilai *inject pressure* dan *back pressure*.

C.Hasil Penelitian dan Pembahasan

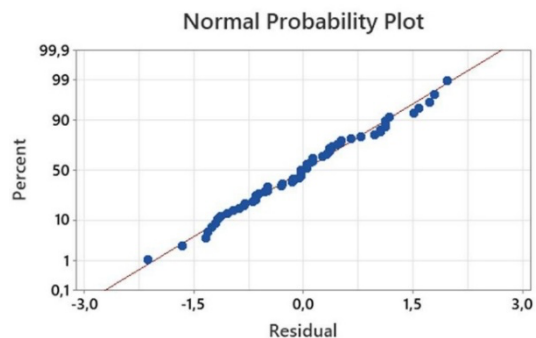
Melalui tahapan instalasi, pengamatan, dan perhitungan sampel sesuai tabel pengambilan data, diperoleh hasil *bubble defect* dari setiap kombinasi parameter yang diuji. Data menunjukkan bahwa jumlah *bubble defect* berbeda pada tiap

variasi *inject pressure* dan *back pressure*. Untuk memastikan konsistensi, setiap kombinasi diuji sebanyak lima kali replikasi. Ringkasan jumlah *bubble defect* dari seluruh kombinasi variabel ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Data Hasil Percobaan

Inject Pressure (Psi)	Back Pressure (Psi)	Jumlah <i>Bubble defect</i> Setiap Replikasi (Pcs) Note : setiap replikasi (1-5) dilakukan dalam				
1700	15	12	13	15	13	13
1900	15	9	8	8	7	8
1700	25	10	10	9	10	9
1900	25	6	6	6	5	5
1658,5	20	10	10	10	11	10
1941,4	20	5	6	6	5	5
1800	129.2	12	13	12	13	12
1800	270.7	5	5	4	5	4
1800	20	7	7	7	7	8
1800	20	8	7	7	6	7
1800	20	7	7	8	6	6
1800	20	6	7	7	7	6
1800	20	7	7	6	6	6

Setelah data diperoleh sesuai tabel statistik, tahap berikutnya adalah pengujian normalitas. Uji ini bertujuan memastikan data memenuhi asumsi distribusi normal sebagai syarat analisis lanjutan menggunakan ANOVA. Hasil uji normalitas data penelitian ditunjukkan pada Gambar 4.



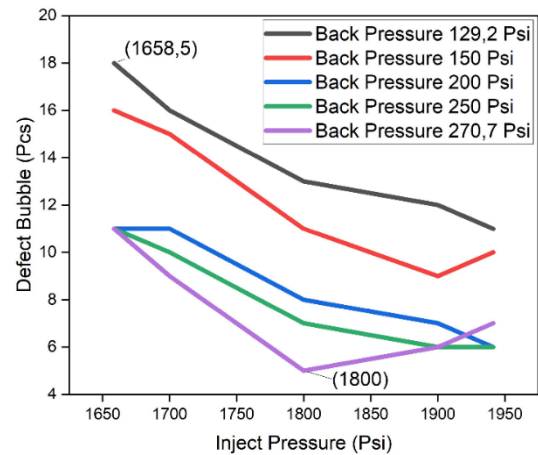
Gambar 4 Hasil Uji Normalitas defect Bubble

Hasil pada Gambar 4 menunjukkan bahwa persebaran data percobaan secara keseluruhan mendekati garis merah pada grafik. Kondisi ini menandakan data terdistribusi normal, karena tidak terdapat titik yang menyimpang jauh dari garis acuan tersebut.

Hasil pada Gambar 5 memperlihatkan bahwa jumlah *bubble defect* tertinggi muncul pada pengaturan *inject pressure* sebesar 1658,5 Psi. Kondisi ini disebabkan kepadatan material yang masuk ke die head kurang optimal, sehingga masih terdapat udara dalam lelehan plastik yang memicu terbentuknya bubble. Temuan ini sejalan dengan penelitian Irfan S.M (2024) yang menyatakan bahwa *bubble defect* dapat muncul akibat tekanan yang tidak cukup untuk mengalirkan plastik secara merata ke seluruh cetakan. Sebaliknya, jumlah *bubble defect* terendah diperoleh pada pengaturan *inject pressure* 1800 Psi. Pola hasil ini juga konsisten dengan penelitian Adianto (2016), yang menunjukkan bahwa variabel

proses lain seperti temperatur barrel berpengaruh terhadap kualitas produk botol dan dapat mengurangi jumlah *defect* yang dihasilkan.

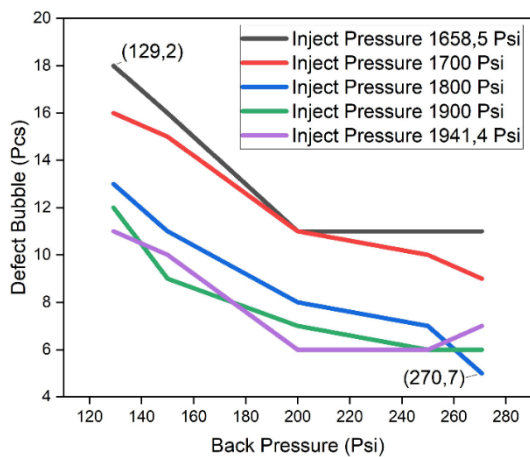
ubunga



Gambar 5 Grafik Pengaruh *Inject pressure* terhadap *Bubble defect*

Gambar 6 memperlihatkan adanya tren penurunan *bubble defect* seiring meningkatnya nilai *back pressure*. Pola ini juga ditemukan oleh Wahyudi (2015), yang melaporkan bahwa peningkatan *back pressure* dalam percobaan menghasilkan penurunan nilai shrinkage atau penyusutan dimensi produk. Temuan serupa ditunjukkan oleh Aulia dan Vinan (2024), di mana peningkatan variabel blow pressure dan blow time pada proses blow molding menurunkan ketebalan mulut abfal. Setelah tren penurunan *bubble defect*

teridentifikasi, pengaruh perubahan variabel yang diuji kemudian dibuktikan melalui analisis ANOVA sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.



Gambar 6 Grafik Pengaruh *Back pressure* terhadap *Bubble defect*

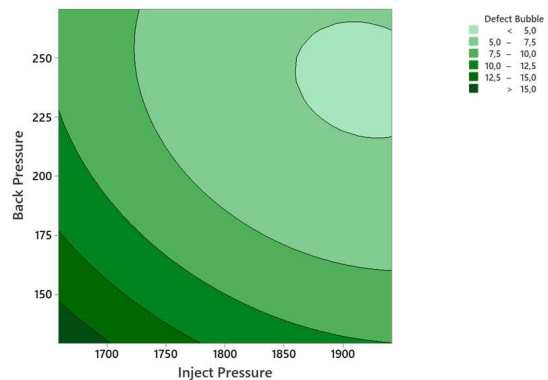
Tabel 2 Analisis Statistik

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	9	399,152	44,350	49,31	0,000
Blocks	4	2,615	0,654	0,73	0,577
Linear	2	341,046	170,523	189,61	0,000
Inject Pressure	1	159,765	159,765	177,65	0,000
Back Pressure	1	181,281	181,281	201,57	0,000
Square	2	53,690	26,845	29,85	0,000
Inject Pressure*Inject Pressure	1	18,918	18,918	21,04	0,000
Back Pressure*Back Pressure	1	41,136	41,136	45,74	0,000
2-Way Interaction	1	1,800	1,800	2,00	0,163
Inject Pressure*Back Pressure	1	1,800	1,800	2,00	0,163
Error	55	49,464	0,899		
Lack-of Fit	35	41,064	1,173	2,79	0,009
Pure Error	20	8,400	0,420		
Total	64	448,615			

Tabel 2 menunjukkan nilai P-Value untuk variabel *inject pressure* dan *back pressure* sebesar 0,000, lebih kecil dari nilai alfa (α) 0,05. Sesuai dengan penjelasan Liang

(2022), kondisi ini membuktikan bahwa kedua variabel tersebut berpengaruh signifikan terhadap *bubble defect* pada produk botol 190 ml. Selain itu, interaksi antara keduanya juga signifikan, menandakan bahwa kombinasi tekanan memengaruhi *defect* produk secara bersamaan, bukan hanya secara terpisah.



Gambar 7 Grafik Contour Plot *Bubble defect* Produk Botol 190 ml

Gambar 7 memperlihatkan pola kontur hubungan antara *inject pressure* dan *back pressure*. Pada kombinasi tekanan tinggi, khususnya *inject pressure* 1900 Psi dan *back pressure* 250 Psi, terbentuk area berwarna hijau muda yang menandakan jumlah *bubble defect* paling sedikit, yaitu kurang dari 5 produk. Sebaliknya, pada kombinasi tekanan rendah (*inject pressure* sekitar 1700 Psi dan *back pressure*

150 Psi), jumlah *defect* berada pada kategori tertinggi, lebih dari 15 produk.

Gambar 7 Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengaturan tekanan pada proses reciprocating blow molding berperan penting dalam menentukan kualitas produk akhir. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa kombinasi *inject pressure* 1941,4 Psi dan *back pressure* 200 Psi menghasilkan jumlah *bubble defect* paling sedikit (sekitar 5 produk), sehingga dapat dianggap sebagai kondisi optimal berdasarkan data tabel. Sementara itu, analisis pola kontur memprediksi kombinasi 1900 Psi & 250 Psi juga berada pada kategori *defect* rendah (<5 produk). Penurunan jumlah *bubble defect* pada tekanan tinggi sejalan dengan temuan Wahyudi (2015), yang menyatakan bahwa peningkatan *back pressure* mampu memperbaiki kepadatan serta kestabilan aliran lelehan plastik. Hal serupa juga ditegaskan oleh Irfan Sdefect .M (2024), bahwa tekanan injeksi yang memadai diperlukan agar material dapat mengisi seluruh rongga cetakan secara sempurna, sehingga terbentuknya gelembung udara penyebab *bubble defect* dapat diminimalisir.

D. Kesimpulan

Kesimpulan Parameter *inject pressure* memiliki pengaruh terhadap jumlah *bubble defect* pada produk botol 190 ml dalam proses reciprocating blow molding. Seiring dengan peningkatan nilai *inject pressure* pada setpoint mesin, jumlah *bubble defect* cenderung menurun. Hal ini terlihat pada pengaturan tertinggi, yaitu 1941 Psi, yang menghasilkan 5 produk defect, sedangkan pada nilai terendah 1658,5 Psi jumlah *defect* mencapai 11 produk. Hal serupa juga terjadi pada parameter *back pressure*. Peningkatan nilai *back pressure* menghasilkan penurunan jumlah *bubble defect*. Pada nilai tertinggi 270,7 Psi, jumlah *defect* tercatat 4 produk, sedangkan pada nilai terendah 129,2 Psi jumlah mencapai 13 produk. Kombinasi optimal adalah pada *inject pressure* 1941,4 Psi dan *back pressure* 200 Psi menghasilkan jumlah *bubble defect* paling sedikit (sekitar 5 produk),

DAFTAR PUSTAKA

Adianto, H., Agustin, Y., dan Wibisono, Y.Y. (2016). Penerapan Metoda Taguchi sebagai Usulan Perbaikan Kualitas dalam

- Menghadapi Permasalahan Cacat pada Produk Botol Morning Fresh (Lime) isi 1000 ml di CV. Tunggal Jaya Plastics. Teknoin: Jurnal Teknik Industri Universitas Islam Indonesia, 22(9): 704-712.
- Aulia, A. dan Vinan, V. (2024). Effect of Pressure and Time of Blow Pin on Thickness of Abfal Mouth of 125 ml EL Bottle Extrusion Blow Molding Process. Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro, dan Informatika, 3(3): 367-377.
- Belcher S.L (2017) APPLIED PLASTICS ENGINEERING HANDBOOK. Processing, Materials, and Applications. Second Edition.
- Greene, J. (2021). Automotive Plastics and Composites Materials and Processing. A volume in Plastics Design Library.
- Hartono, Djoehana. (2024). Desain Parameter untuk Minimasi Cacat Black Spot dalam Proses Extrusion Blow Molding pada Produk Bottle Blank 200 Gram. Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin UM Metro, 13(2): 317-324.
- Irfan S.M. (2024). Analisa Pengaruh Cacat Produk Air Traps pada Simulasi Injection Molding. Jurnal Ilmiah Teknik, 3(1): 74-80.
- Liang F. (2022). Why a P value <0.05 does not necessarily mean statistical significance: controversy over overall survival results of the ORIENT-11 trial. Department of Biostatistics, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China
- Manas C. (2018). Plastics Technology Handbook Fifth Edition, Fifth edition. Taylor & Francis Group, LLC.
- Mas'ud. (2017). Optimasi Proses Mesin Stretch Blow Molding pada Botol 600 ml dengan Metode RSM Studi Kasus di PT Uniplastindo Interbuana.
- Montgomery, D. C. (2017). Design and analysis of experiments. John wiley & sons. Mulyana. (2020). Analisis Pengaruh Temperatur pada Barell terhadap Hasil Extrusi dengan Material Daur Ulang Kulit Kabel PVC
- Puspitasari, E. (2016). Analisis Pengendalian Kualitas Statistik Injection Moulding Produk Cup Plastik Ø 80 mm X 70 mm. INFO-TEKNIK, 17(2), 147-164.
- Sariski, Mulyanto (2021). Penentuan Setting Parameter Pembuatan Produk Jerigen 5 L pada Proses Blow Moulding dengan Menggunakan Response Surface Methodology.
- Singh, N., Hui, D., Singh, R., Ahuja, I. P. S., Feo, L., & Fraternali, F. (2016). Recycling of plastic solid waste: A state of art review and future applications. Composites Part B: Engineering, 115, 409–422. <https://doi.org/10.1016/j.composite.sb.2016.09.013>.
- Wahyudi, U. (2015). Pengaruh Injection Time dan Backpressure terhadap Cacat Penyusutan pada Produk Kemasan Toples dengan Injection Molding Menggunakan Material Polistyrene. Jurnal Teknik Mesin, 4(3): 81-90.