

Uji Eksperimental Pada Mesin Peleleh Plastik Menggunakan Metode Percobaan Faktorial

Experimental Study on Plastic Molding using Factorial Design Method

Merisha Hastarina¹⁾, Budi Santosa²⁾, Eko Ariyanto³⁾, M. Riko Adiyatma⁴⁾

^{1), 2), 4)} Prodi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Palembang

³⁾ Prodi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Palembang

E-mail: icha3005@gmail.com

Abstrak

Penggunaan plastik yang terus meningkat berbanding lurus dengan jumlah limbah plastik yang dihasilkan. Salah satu alternatif yang dilakukan adalah dengan *me-recycle* limbah plastik dengan proses pelelehan biji plastik atau plastik yang telah dicacah. Pada mesin peleleh plastik skala laboratorium, proses pelelehan yang terjadi akan dipengaruhi oleh berbagai faktor. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan menggunakan pendekatan Faktorial. Tujuan dari percobaan faktorial adalah untuk melihat interaksi antara faktor yang di uji. Adakalanya kedua faktor saling sinergi terhadap respon (positif). Namun adakalanya juga keberadaan suatu faktor justru menghambat kinerja faktor lain (negatif). Pada penelitian ini faktor pertama adalah bahan yaitu jenis plastik yang digunakan (PP, PET, dan HDPE). Faktor kedua adalah temperatur yaitu 300° C, 350° C, 400° C dan faktor ke tiga adalah waktu yang terdiri dari 25, 30 dan 35 menit. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan secara manual dan dibandingkan juga dengan hasil dari perhitungan minitab, didapatkan bahwa faktor utama bahan, temperatur dan waktu berpengaruh nyata tetapi interaksi antara 3 faktor tersebut berpengaruh tidak nyata.

Kata Kunci: plastik, limbah, *injection molding*, metode faktorial

Abstract

The use of plastic that continues to increase is directly proportional to the amount of plastic waste produced. One alternative that is done is to recycle plastic waste by melting plastic or plastic that have been shredded. In a laboratory-scale plastic injection molding, the melting process that occurs will be influenced by various factors. The method that being used in this study is factorial design approach. The purpose of the factorial design is to see the interaction between the factors being tested. Sometimes the two factors synergize with each other in response (positive). However, sometimes the presence of a factor actually inhibit the performance of other (negative) factors. In this study, the first factor is the material, 3 type of plastic which are PP, PET, and HDPE. The second factor is temperature, namely 300° C, 350° C, 400° C and the third factor is time which consists of 25, 30 and 35 minutes. Based on the results of research conducted manually and compared with the results of the minitab calculation, we found that the main factors of material, temperature and time had a significant effect but the interaction between the 3 factors had no significant effect.

Keywords: plastic, waste, *injection molding*, factorial design

©Integrasi Universitas Muhammadiyah Palembang
p-ISSN 2528-7419
e-ISSN 2654-5551

Pendahuluan

Berdasarkan riset yang dilakukan oleh Lembaga Ilmu Penelitian Indonesia (LIPI) pada media April-Mei 2020, pembatasan sosial di masa pandemic pada masyarakat telah meningkatkan jumlah sampah plastik di Indonesia karena sebagian besar masyarakat melakukan belanja secara *online* yang tentunya pengemasan biasanya menggunakan plastik (Faqir, 2021). Penggunaan plastik yang terus meningkat berbanding lurus dengan jumlah limbah plastik yang dihasilkan. Ada banyak yang dilakukan untuk menekan jumlah sampah plastik diantaranya dengan mengurangi kantong belanja berbahan dasar plastik, menggunakan bahan yang bersifat *biodegradable*, serta mendaur ulang plastik menjadi barang yang memiliki nilai ekonomi (Nasution, 2015). Salah satu alternatif yang dilakukan adalah dengan *me-recycle* limbah plastik dengan proses pelelehan biji plastik atau plastik yang telah dicacah.

Dalam suatu percobaan atau studi kasus kita menyadari bahwa tidak hanya satu atau dua faktor saja yang ingin ditinjau. Tetapi sering juga kita dihadapkan pada pengaruh dari tiga faktor atau lebih. Penelitian ini tertarik untuk mempelajari faktor-faktor tersebut secara bersamaan untuk mengetahui pengaruh masing-masing faktor dan interaksi antar faktor-faktor (Riyanto, 2016). Misalnya untuk melihat perilaku yang berbeda pada hasil lelehan plastik berdasarkan jenis bahan plastik yang digunakan. Tetapi juga seberapa jauh potensi pada hasil lelehan dengan temperatur dan waktu yang dibutuhkan. Maka dari itu rancangan perlakuan yang dapat digunakan adalah Percobaan Faktorial.

Percobaan faktorial adalah percobaan yang mencoba dua faktor atau lebih dan masing-masing faktor terdiri dari dua level atau lebih (Gasperz, 1991). Tujuan eksperimen desain adalah permulaan dari faktor atau *variable input input* yang memberikan pengaruh terhadap respon yang mendekati nilai yang diinginkan dan penyebab variasi dengan respon kecil (Iriawan, 2006). Percobaan ini digunakan untuk melihat interaksi antara faktor yang kita cobakan. Adakalanya kedua faktor saling

sinergi terhadap respon (positif). Namun adakalanya juga keberadaan suatu faktor justru menghambat kinerja faktor lain (negatif).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk lebih memahami mengenai rancangan faktorial kususny dengan tiga faktor. Ini akan menjadi studi pendahuluan dan dapat diimplementasikan pada percobaan selanjutnya serta percobaan lain yang sifatnya serupa. Hasil yang diperoleh dari pengujian pengaruh utama menunjukkan apakah taraf-taraf dari suatu faktor tertentu nyata atau tidak pada semua kondisi taraf faktor yang lain (Kusriningrum, 2008).

Karena pada percobaan faktorial mencakup percobaan yang sangat luas maka dalam penelitian ini hanya dibatasi pada pembahasan percobaan faktorial dengan rancangan dasar RAL (rancangan acak lengkap) dengan melibatkan 3 faktor di dalamnya dan masing-masing faktor maksimal terdiri atas 3 level.

Metode

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Proses Manufaktur Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang. Alat/mesin peleleh yang digunakan adalah peleleh plastik yang telah dipasangi alat pemanas dan penghitung suhu. Terdapat tiga pemanas yang digunakan pada mesin peleleh ini. Adapun proses pengukuran dari penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Proses Pelelehan Plastik

Tujuan dari percobaan faktorial adalah untuk melihat interaksi antara faktor yang kita coba. Adakalanya kedua faktor saling sinergi terhadap respon (positif). Namun adakalanya juga keberadaan suatu faktor justru menghambat kinerja faktor lain (negatif). Adanya kedua mekanisme tersebut cenderung meningkatkan pengaruh interaksi antar ke dua faktor. Pengaruh interaksi adalah kegagalan level faktor yang satu terhadap level faktor yang lain untuk memberikan respon hasil yang sama. Pengaruh interaksi juga dapat dikatakan sebagai perbedaan (selisih) respon dari suatu faktor terhadap level faktor yang lain (Gasperz, 1991).

Percobaan faktorial $A \times B \times C$ merupakan salah satu percobaan faktorial yang melibatkan 3 faktor di dalamnya. Sebagaimana percobaan faktorial dengan dua faktor. Perbedaan faktorial $A \times B \times C$ dengan faktorial $A \times B$ terletak pada pengaruh yang dipelajari. Untuk faktorial $A \times B$ ada 3 pengaruh, yaitu 2 pengaruh utama (A dan B) dan 1 pengaruh interaksi (AB). Untuk faktorial $A \times B \times C$ terdapat 7 pengaruh. Pertama adalah 3 pengaruh utama (A, B dan C). Pada 3 interaksi 2 faktorial (AB, AC dan BC) dan 1 interaksi 3 faktor (ABC).

Pada faktorial $A \times B \times C$ penempatan perlakuan kombinasinya ke dalam satuan- satuan percobaan. Sama halnya dengan factorial $A \times B$ tergantung pada rancangan yang dipergunakan apakah RAL atau RAK. Rancangan dasar RBSL sangat jarang sekali digunakan dikarenakan dengan semakin banyaknya faktor yang terlibat maka perlakuan akan semakin banyak. Ini merupakan hambatan terhadap pemakaian RBSL. Model yang digunakan tergantung pada rancangan percobaan yang dipilih. (Yitnosumarto, Suntoyo, 1990).

Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan RAL pola faktorial $3 \times 3 \times 3$ dengan 3 ulangan. Faktor pertama adalah bahan Polypropylene (PP), *Polyethylene Terephthalate* (PET), dan *High Density Polyethylene* (HDPE). Faktor kedua adalah temperatur yang terdiri dari 300° , 350° , 400° C dan faktor ke tiga adalah waktu yaitu 25, 30 dan 35 Menit. Untuk hasil dari

lelehan yang telah dicetak dalam bentuk lingkaran dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil Lelehan

Pada faktorial $A \times B \times C$ penempatan perlakuan kombinasinya ke dalam satuan- satuan percobaan. Sama halnya dengan factorial $A \times B$. Tergantung pada rancangan yang dipergunakan apakah RAL atau RAK. Hasil perhitungan dengan *minitab* dapat dilihat pada gambar 3 sebagai berikut:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \gamma_k + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + e_{ijkl}$$

$$i = 1, 2, \dots, a$$

$$j = 1, 2, \dots, b$$

$$k = 1, 2, \dots, C$$

$$l = 1, 2, \dots, r \text{ , dimana}$$

Y_{ijk} = pengamatan untuk level A ke-i, level B ke-j, level C ke-k dan ulangan ke-l

μ = nilai tengah umum

α_i = pengaruh perlakuan faktor A taraf ke-i

β_j = pengaruh perlakuan faktor B taraf ke-j

$(\alpha\beta)_{ij}$ = interaksi antara perlakuan A taraf ke-i dan perlakuan B taraf ke-j

γ_k = pengaruh perlakuan faktor C taraf ke-k

$(\alpha\gamma)_{ik}$ = interaksi antara perlakuan A taraf ke-i dan perlakuan C taraf ke-k

$(\beta\gamma)_{jk}$ = interaksi antara perlakuan B taraf ke- j dan perlakuan C taraf ke-k

$(\alpha \beta\gamma)_{ijk}$ = interaksi antara perlakuan A taraf ke-i, perlakuan B taraf ke-j dan perlakuan C taraf ke- k

e_{ijkl} = galat percobaan untuk pengamatan ke-i, j, k, l

Model di atas dapat diduga berdasarkan datanya, yaitu sebagai berikut :

$$y_{ijkl} = \tilde{y}_{...} + (\tilde{y}_{i.} - \tilde{y}_{...}) + (\tilde{y}_{.j} - \tilde{y}_{...}) + (\tilde{y}_{.k} - \tilde{y}_{...}) + (\tilde{y}_{ijk} - \tilde{y}_{i.} - \tilde{y}_{.j} - \tilde{y}_{.k} + \tilde{y}_{...}) + (y_{ijkl} - \tilde{y}_{ijk})$$

$$(y_{ijkl} - \tilde{y}_{...}) = (\tilde{y}_{i.} - \tilde{y}_{...}) + (\tilde{y}_{.j} - \tilde{y}_{...}) + (\tilde{y}_{.k} - \tilde{y}_{...}) + (\tilde{y}_{ijk} - \tilde{y}_{i.} - \tilde{y}_{.j} - \tilde{y}_{.k} + \tilde{y}_{...}) + (y_{ijkl} - \tilde{y}_{ijk})$$

Tabel 1. Perhitungan Manual

Bahan (A)	Temp (B)	Waktu (C)			Jumlah
		25''	30''	35''	
PP	300°	17.8	17.8	18.7	316.84
	350 °	15.1	16.1	14.1	228.01
	400 °	13.3	13	14.4	176.89
PET	300 °	16.6	14.8	17.1	275.56
	350 °	21.7	20.4	20.4	470.89
	400 °	19.1	19.7	19.4	364.81
HDPE	300 °	10.7	11.4	11	114.49
	350 °	9.7	10.5	10.6	94.09
	400 °	11.5	9.9	12	132.25
Total		135.5	133.6	137.7	2173.83

$$DB \longleftrightarrow (abcn-1) = (a -1) + (b-1) + (c-1) + (abc - a - b- c +1) + (abcn - abc)$$

$$(abcn -1) = (a-1) + (b -1) + (c-1) + (a-1)(b -1)(c-1) + abc(n-1)$$

DB Total = DB Faktor A +DB Faktir B + DB Faktor C + DB Interaksi ABC +DB Galat

Tabel 2. Arah untuk faktor A dan B

Bahan(A)	Masa Kerja (B)			Total
	300 derajat	350 derajat	400 derajat	
PP	54.3	45.3	40.7	140.3
PET	48.5	62.5	58.2	169.2
HDPE	33.1	30.8	33.4	97.3
total	135.9	138.6	132.3	406.8

Berikut adalah perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan SPSS 22.0

H_1 : paling tidak ada satu $(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$ yang tidak sama dengan nol.

Perhitungan dengan MINITAB

General Linear Model: data versus holding time, injection time, ...

Factor	Type	Levels	Values
Bahan	Fixed	3	HDPE, PET, PP
Temperatur	Fixed	3	300 derajat, 350 derajat, 400 derajat
Waktu	Fixed	3	25 menit, 30 menit, 35 menit

Analysis of Variance for data, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Bahan	2	96.961	48.4804	79.52	0.000
Temperatur	2	0.740	0.3700	0.61	0.549
Waktu	2	0.312	0.1559	0.26	0.775
Bahan*Temperatur	4	21.773	5.4431	8.93	0.000
Bahan*Waktu	4	0.363	0.0907	0.15	0.963
Temperatur*Waktu	4	0.921	0.2304	0.38	0.823
Bahan*Temperatur*Waktu	8	2.070	0.2588	0.42	0.901
Error	54	32.920	0.6096		
Total	80	156.060			

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.780788	78.91%	68.75%	52.54%

Unusual Observations for data

Obs	data	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
23	57.3600	57.0400	0.1079	0.3200	2.10 R
50	57.5600	57.0400	0.1079	0.5200	3.41 R
77	56.2000	57.0400	0.1079	-0.8400	-5.50 R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Gambar 3. Perhitungan Minitab

Dari perhitungan manual di atas dapat dibuat tabel Anova dan sekaligus melakukan uji F. Pada tabel 2 dapat dilihat hasil uji F dengan menggunakan Anova sebagaimana tertera berikut:

Tabel 3. Tabel Anova

SK	db	JK	KT	F hit
Perlakuan	26	123.14	4.74	7.77
Bahan (A)	2	96.960 7	48.4 8	79.5 2
Temperatur (B)	2	0.7400	0.37	0.61
Waktu ©	2	0.3119	0.16	0.26
Interaksi AB)	4	21.772 6	5.44	8.93
Interaksi AC)	4	0.3630	0.09	0.15
Interaksi BC)	4	0.9215	0.23	0.38
Interaksi ABC)	8	2.0704	0.26	0.42
Galat	54	32.92	0.61	
Total	80			

Untuk faktor bahan, karena nilai P-value (0.00) < α (0.05) dan F hitung > F tab maka keputusannya adalah **tolak H_0** sehingga dapat disimpulkan bahwa faktor bahan berpengaruh nyata terhadap berat hasil lelehan.

Untuk temperatur, karena nilai P-value (0.042) < α (0.05) dan F hitung > F tab maka keputusannya adalah **tolak H_0** sehingga dapat disimpulkan bahwa faktor temperatur berpengaruh nyata terhadap berat hasil lelehan.

Untuk faktor waktu, karena nilai P-value (0.000) < α (0.05) dan F hitung > F tab maka keputusannya adalah **tolak H_0** sehingga dapat disimpulkan bahwa faktor waktu berpengaruh nyata terhadap berat hasil lelehan.

Untuk interaksi faktor bahan dan temperature, karena nilai P-value (0.184) > α (0.05) dan F hitung < F tab maka keputusannya adalah **terima H_0** sehingga dapat disimpulkan bahwa interaksi kedua faktor ini tidak berpengaruh nyata terhadap berat hasil lelehan.

Untuk interaksi faktor bahan dan waktu. karena nilai P-value (0.015) < α (0.05) dan F hitung > F tab maka keputusannya adalah **tolak H_0** sehingga dapat disimpulkan bahwa faktor bahan dan waktu berpengaruh nyata terhadap berat hasil lelehan.

Untuk interaksi faktor temperatur dan waktu. Karena nilai P-value (0.437) > α (0.05) dan F hitung < F tab maka keputusannya adalah **terima H_0** sehingga dapat disimpulkan bahwa interaksi kedua faktor ini tidak berpengaruh nyata terhadap berat hasil lelehan.

Untuk interaksi faktor bahan, temperatur dan waktu. karena nilai P-value (0.543) > α (0.05) dan F hitung < F tab maka keputusannya adalah **terima H_0** sehingga dapat disimpulkan bahwa interaksi ketiga faktor ini tidak berpengaruh nyata terhadap berat hasil lelehan.

Simpulan

Melalui penelitian yang dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa hasil analisa menggunakan minitab maupun manual menunjukkan faktor utama bahan, temperatur dan waktu berpengaruh nyata. Bahwa dengan jenis bahan plastik yang berbeda, temperatur yang lebih tinggi dan waktu yang digunakan memiliki akan mempengaruhi hasil lelehan. Sedangkan untuk interaksi dari ketiga faktor ini yaitu faktor bahan, temperatur dan waktu tidak berpengaruh secara nyata terhadap berat hasil lelehan.

Saran

Perlu dilakukan uji berganda untuk 3 faktor tersebut untuk mengetahui apakah level-level dari faktor tersebut berbeda nyata atau tidak.

Ucapan Terima Kasih

Peneliti berterima kasih kepada Lembaga Penelitian dan pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Muhammadiyah Palembang yang telah mendanai Penelitian ini dalam program Penelitian Hibah Internal Tahun 2021.

Daftar Pustaka

- [1] A.A. Faqir, 2021. LIPI: “Jumlah Sampah Plastik Melonjak selama Pandemi Covid19”. <https://www.liputan6.com/bisnis/read/4454386/lipi-jumlah-sampah-plastik-melonjak-selama-pandemi-covid-19>. [Diakses pada 27 Agustus 2021].
- [2] Iriawan, Nur, Seotin Puji, “Mengolah Data Statistik dengan Mudah Menggunakan Minitab 14”, Yogyakarta: ANID, 2006.
- [3] Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), “Dampak PSBB dan WFH terhadap Sampah Plastik Jabodetabek” Biro Kerja Sama, Hukum dan Humas LIPI, 2020.
- [4] Lenter, M. and T. Bishop, *Experimental Design and Analysis. Valey Bandung Compnay, Blacksburg*.
- [5] Nasution, Berbagai Cara Penanggulangan Limbah Plastik. Elkawnie: Journal of Islamic Science and Technology vol. 1 no. 1, pp: 97-104. 2015.
- [6] V. Gasperz, *Metode Perancangan Percobaan untuk Ilmu-Ilmu Pertanian, Ilmu-Ilmu Teknik, Biologi*, Bandung: CV Armico, 1991.
- [7] Riyanto, “Diktat Kuliah Perancangan Percobaan”, Universitas Medan Area, Medan, 2016.
- [8] R.S. Kusrieningrum. *Perancangan Percobaan*, Surabaya: Airlangga University Press, 2008.
- [9] Yitnosumarto, Suntoyo, *Dasar-dasar Statistika*, PT Raja Grafindo Persada, Jakarta, 1990.