

# Penerapan Metode Taguchi Dalam Pengoptimalan Parameter *Injection Moulding* Terhadap *Netto* Produk Bioring Cone Cup

Ika Pramestiani <sup>1\*</sup>, Bayu Wiro Karuniawan <sup>1</sup>, Farizi Rachman <sup>1</sup>

<sup>1\*</sup>Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri  
Surabaya, Indonesia

Email: ikapramestiani02@gmail.com<sup>1\*</sup>

## Abstract

*Bioring Cone Cup* products are produced by Sukodono molding industry with injection molding machine. However, at the beginning of production in getting the parameter value still uses a trial and error system, so this problem results in defects that cause the weight of the product is not in accordance with the agreement so that this product must be recycled again by spending a long time. With this problem, the company suffered losses because it had to pay compensation for production delays. Therefore, more study on the effect of optimizing injection molding settings on the net response of bioring cone cup products is required. This research uses the parameters of injection pressure, injection temperature, and cooling time. To identify the impact of various elements as well as the ideal manufacturing process parameters, the Taguchi technique is employed, with the rule that the smaller the signal to noise ratio, the better. From the experimental results, the optimal combination of variables is obtained, namely the injection pressure parameter at level 1 with a value of 80 bar, injection temperature at level 3 with a value of 230°C, and cooling time at level 3 with a value of 0.5 seconds.

**Keywords:** Cooling Time, Injection Pressure, Injection Temperature, Netto, Taguchi

## NOMENCLATURE

IP	= Injection Pressure
IT	= Injection Temperature
CT	= Cooling Time
Bar	= Satuan nilai tekanan
°C	= Satuan nilai temperature
Second/s	= Satuan nilai waktu

## 1. PENDAHULUAN

Saat ini keberadaan dunia industri manufaktur mengalami persaingan yang ketat dan salah satu persaingan produk saat ini yaitu produk berbahan plastik atau polimer. Pemakaian produk yang berbahan plastik semakin meningkat dikarenakan plastik lebih efisien dan lebih awet dibandingkan dengan produk-produk berbahan besi yang mudah keropos [1]. Salah satu teknologi yang umum digunakan dan dapat menunjang produksi berbahan plastik yaitu mesin *Injection Molding* [9].

*Injection molding* adalah mesin yang banyak digunakan oleh industri manufaktur dalam proses produksi berbahan plastik. Alasan pemilihan mesin ini banyak digunakan dalam industri dikarenakan mesin ini dapat menyesuaikan bentuk hingga yang paling kompleks dengan waktu proses yang cepat [6]. Permasalahan umum yang terjadi pada mesin *injection molding* yaitu dalam

pengerjaannya, mesin ini tidak pernah terlepas oleh adanya cacat produk [2]. Pada umumnya cacat yang dihasilkan oleh *injection molding* dikarenakan setting parameter yang tidak optimal [9].

Produk Bioring Cone Cup adalah salah satu produk yang diproduksi oleh industri *molding* Sukodono menggunakan mesin *Injection molding*. Sejak dimulainya produksi, nilai parameter masih menggunakan sistem percobaan atau *trial and error*, Hal ini mengakibatkan *netto* tidak sesuai spesifikasi dan mengharuskan untuk diolah kembali sampai berat produk sesuai. Dengan permasalahan tersebut, perusahaan ini mengalami kerugian dikarenakan harus membayar kompensasi keterlambatan produksi dikarenakan membutuhkan waktu yang cukup lama. Semua hal tersebut terjadi karena pengaturan pada parameter proses mesin *injection molding* seperti *injection pressure*, *injection temperature*, *cooling time*, dan *material properties*. Sehingga dibutuhkan penelitian yang membahas optimalisasi parameter *injection molding* terhadap respon *netto* produk bioring cone cup.

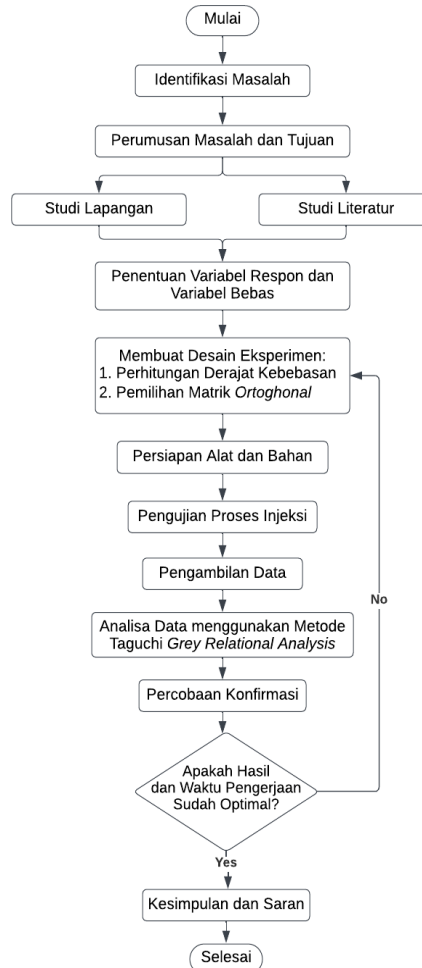
Contoh dari penelitian *injection molding* sebelumnya yaitu penelitian yang dilakukan oleh Purnomo, M. H., Sidi, P. & Arumsari, N. (2017) mengenai efek level dari parameter *injection molding* terhadap *netto* produk cap lem fox. Variabel independen yang digunakan yaitu temperatur leleh (250°C, 260°C, 270°C), kecepatan injeksi (45 mm/s, 50 mm/s, 55 mm/s), waktu *holding* (2s, 2,5s, 3s), dan waktu proses pendinginan (5s, 7s, 9s). Dalam penelitian ini didapatkan kombinasi parameter yang optimal yaitu *melt temperature* 260°C, kecepatan injeksi 55 mm/s, waktu *holding* 2 detik, dan waktu pendinginan 5 detik [9]. Penelitian yang kedua dilakukan oleh N.H. Kamarudin, M.H.I. Ibrahim, R. Asmawi, R.L. Muhamud, and M.H. Ibrahim, (2020) mengenai pengaruh parameter *injection molding* terhadap *hardness* dan *ultimate tensile strength*. Variabel bebas yang digunakan yaitu *molding temperature* (170°C, 180°C, 190°C), *molding pressure* (30%, 35%, 40%), *molding speed* (30%, 35%, 40%), dan *cooling time* (5s, 6s 7s) [4]. Penelitian lainnya dilakukan oleh Karunia, Yoga., Purwanti, E. P. & Karuniawan, B. W. (2020) tentang penelitian efek parameter mesin *injection molding* pada produk *head travel kit* terhadap waktu siklus dan berat produk. Variabel independen yang digunakan yaitu kecepatan injeksi (15 mm/s, 20 mm/s, 25 mm/s), tekanan injeksi (1500 bar/KN, 1600 bar/KN, 1700 bar/KN), dan *holding pressure* (800 bar/KN, 900 bar/KN, 1000 bar/KN). Pengaturan parameter ideal dalam penelitian ini adalah 25 mm/s untuk kecepatan injeksi, 1586,8687 bar/kN untuk tekanan injeksi, dan 1000 bar/KN untuk *holding pressure* [5].

Oleh karena itu, penelitian ini mengangkat topik mengenai optimasi parameter mesin *injection molding* yang bertujuan untuk referensi bahan bacaan dalam studi optimasi *injection molding*. Variabel respon yang digunakan adalah *netto* produk Bioing Cone Cup. Material yang digunakan yaitu *High Impact Polystyrene*. Variabel bebas yang akan diuji yaitu *injection pressure*, *injection temperature*, dan *cooling time*. Metode taguchi adalah metode yang dipilih untuk diterapkan dalam penelitian ini guna menentukan kombinasi faktor dari penelitian yang akan dilakukan untuk memperbaiki kualitas dari proses produksi suatu barang [8].

Metode Taguchi merupakan metode optimasi yang bertujuan untuk mengoptimalkan suatu proses. Metode ini digunakan untuk menetapkan kombinasi faktor dari penelitian yang akan dilakukan untuk memperbaiki kualitas dari proses produksi suatu barang dan jasa [11]. Metode Taguchi dipilih karena, dibandingkan dengan teknik optimasi lainnya. Metode optimasi ini tidak memungkinkan terjadinya benturan respon [3]. Pemilihan matriks *orthogonal array* yang sesuai adalah berdasarkan banyaknya derajat kebebasan dengan jumlah level faktor yang dipilih. Pada eksperimen ini, level yang digunakan dalam setiap variabel bebas yaitu tiga level. Pemilihan dan penentuan nilai level pada variabel bebas ini berdasarkan spesifikasi dari penggunaan mesin sebelumnya dan juga kemampuan dari mesin *injection molding*

## 2. METODE PENELITIAN

Langkah-langkah penelitian dilakukan sesuai dengan diagram alir di bawah ini, hal ini dapat membantu penelitian lebih terfokus pada tujuan.



Gambar 1. Diagram Alir dalam Penelitian

### 2.1 Pemilihan Variabel Respon dan Variabel Independen

Variabel-variabel yang digunakan dalam eksperimen ini adalah sebagai berikut:

Variabel respon yang diteliti yaitu *netto* produk. Karakteristik yang dipilih untuk *netto* adalah *Smaller is Better* yang berarti semakin kecil nilai selisih *netto* dari nilai kesepakatan, maka kualitas tersebut semakin baik. *Netto* ditetapkan menjadi respon penelitian dengan alasan sebagian besar berat produk tidak sesuai dengan nilai yang ditentukan oleh pelanggan.

a. Variabel independen terdiri dari parameter sebagai berikut:

#### 1. Injection Pressure

Parameter ini digunakan untuk mengetahui kondisi optimum karena jika nilai tekanan terlalu rendah maka *nozzle* tidak bisa mengeluarkan material plastik dari dalam [12].

#### 2. Injection Temperature

*Injection temperature* merupakan temperatur untuk melelehkan suatu material plastik sebelum diinjeksikan melalui *nozzle*.

#### 3. Cooling Time

*Cooling time* merupakan waktu yang dibutuhkan untuk mendinginkan suatu produk yang ada di dalam *cavity*.

## 2.2 Konsep Eksperimen

Dalam penelitian yang akan dilakukan, level dari masing-masing parameter ditentukan berdasarkan kondisi yang tersedia pada mesin.

Tabel 1 menunjukkan level yang digunakan dalam variabel independen. Alat dan bahan yang digunakan dalam eksperimen ini adalah sebagai berikut:

Tabel 1 Variabel Independen

Variabel Independen	Level 1	Level 2	Level 3
IP (Bar)	80	85	90
IT(°C)	220	225	230
CT (s)	0.1	0.3	0.5

Dalam eksperimen ini menggunakan  $L_9(3^4)$ . Hal ini disesuaikan dengan hasil perhitungan *degrees of freedom*.

Tabel 2 Konsep Eksperimen

Kombinasi	Variabel Independen		
	Injection Pressure (bar)	Injection Temperature (°C)	Cooling Time (s)
1	80	220	0,1
2	80	225	0,3
3	80	230	0,5
4	85	220	0,3
5	85	225	0,5
6	85	230	0,1
7	90	220	0,5
8	90	225	0,1
9	90	230	0,3

Alat dan bahan yang digunakan dalam eksperimen ini adalah sebagai berikut:

- Mesin *injection Molding* Ningbo Sanyuan model SYM-1000 untuk mencetak produk Bioring Cone Cup.
- Neraca analitik digunakan untuk mengukur *netto* dari produk.
- Laptop dilengkapi dengan software Minitab.
- Material biji plastik (*High Impact Polystyrene*). *High Impact Polystyrene* dipilih dikarenakan bahan ini memiliki tingkat panas yang lebih rendah, sehingga material ini memiliki keunggulan yaitu memberikan proses kemudahan dalam pelelehan material dan biaya yang lebih hemat [7].

Percobaan dilakukan dengan mencetak material biji plastik *High Impact Polystyrene* menggunakan mesin *injection molding* sesuai dengan desain eksperimen mengenai kombinasi parameter dan matrik *orthogonal* yang telah ditentukan sebelumnya. Pengujian ini dilakukan selama sembilan kali percobaan dengan hasil tiga kali replikasi. Hasil yang diperoleh akan diukur beratnya menggunakan neraca analitik.

### 2.3 Pengolahan Data

Penelitian ini menerapkan metode Taguchi yang bertujuan untuk menganalisis hasil yang didapatkan dari percobaan. Berikut ini merupakan tahapan yang digunakan dalam pengolahan data [10]:

- a. Perhitungan Nilai S/N Rasio  
Karakteristik yang digunakan untuk respon *netto* yaitu *smaller is better*, bentuk persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$S/N \text{ ratio} = -10 \log \left[ \sum_{i=1}^n \frac{y_{i-1}^2}{n} \right] \quad (1)$$

- b. Perhitungan Analysis of Varians (ANOVA)  
ANOVA digunakan sebagai salah satu tahapan analisis yang bertujuan untuk mengetahui parameter tersebut berpengaruh pada respon atau tidak [11].
- c. Perhitungan nilai Optimum  
Tahapan ini bertujuan mengetahui level parameter yang paling ideal untuk respon yang diteliti.
- d. Perhitungan nilai prediksi  
Perhitungan ini bertujuan mengetahui level parameter yang memberikan dampak terhadap respon. Bentuk persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\mu_{prediksi} = \gamma_m + \sum_{i=1}^q \gamma_i - \gamma_m \quad (2)$$

- e. Interval kepercayaan prediksi  
Perhitungan ini menggunakan bentuk persamaan dibawah ini:

$$Cl_p = \sqrt{\frac{F_{\alpha; d_{f1}; d_{f2}} MS_E}{n_{eff}}}$$

- f. Interval kepercayaan konfirmasi  
Perhitungan ini menggunakan bentuk persamaan dibawah ini:

$$Cl_k = \sqrt{F_{\alpha; d_{f1}; d_{f2}} MS_E \left[ \frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r} \right]}$$

## 2. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan pembuatan produk pada mesin injection molding, maka langkah selanjutnya yaitu mengolah data dengan tahapan di bawah ini:

### 3.1 Pengambilan Data

Bioring Cone Cup produk yang sudah dicetak dalam mesin *injection molding* akan dilakukan pengukuran berat produk menggunakan neraca analitik. Tabel 3 merupakan hasil pengukuran berat produk pada neraca analitik.

Tabel 3 Data Keseluruhan Percobaan

Kombinasi	R1	R2	R3
1	4,626	4,662	4,642
2	4,793	4,785	4,807
3	4,525	4,51	4,662
4	4,987	4,995	4,964
5	4,812	4,846	4,834
6	4,863	4,887	4,957
7	5,045	5,031	4,914
8	5,052	5,167	5,146
9	5,073	5,074	5,167

Netto memiliki nilai spesifikasi sebesar 4,5 gram, nilai akan dikurangi 4,5 untuk mencari nilai selisih paling kecil sehingga respon bisa optimal. Hasil selisih ditunjukkan pada tabel 4 di bawah ini.

$$\Delta W = W1 - W2$$

Keterangan :

W1 = Berat produk hasil eksperimen

W2 = Berat spesifikasi /ketentuan awal produk

Tabel 4 Hasil Selisih Netto

Kombinasi	R1	R2	R3
1	0,126	0,162	0,142
2	0,293	0,285	0,307
3	0,025	0,01	0,162
4	0,487	0,495	0,464
5	0,312	0,346	0,334
6	0,363	0,387	0,457
7	0,545	0,531	0,414
8	0,552	0,667	0,646
9	0,573	0,574	0,667

### 3.2 Pengolahan dan Analisis Data

Hasil eksperimen tersebut kemudian diolah menjadi S/N rasio dengan tujuan mencari parameter yang memberikan dampak terhadap respon. Karakteristik yang digunakan adalah *smaller is better* dengan menggunakan bentuk persamaan 1. Nilai rasio S/N ditunjukkan dalam tabel 5 berikut ini. Hasil perhitungan dua eksperimen pertama sebagai berikut:

a. Eksperimen 1

$$S/N_1 = -10 \log \left[ \frac{0,126^2 + 0,162^2 + 0,142^2}{3} \right]$$

$$= 16,827$$

b. Eksperimen 2

$$S/N_2 = -10 \log \left[ \frac{0,293^2 + 0,285^2 + 0,307^2}{3} \right]$$

$$= 10,599$$

Setelah diperoleh nilai S/N rasio, maka dilanjutkan tahapan *analysis of variance* yaitu perhitungan secara kuantitatif dengan memperkirakan kontribusi dari setiap faktor pada semua pengukuran respon. Dalam tahap ini perlu adanya perhitungan derajat kebebasan (df), jumlah kuadrat (SS), kuadrat tengah (MS), dan juga Fhitung. Tabel 6 merupakan hasil perhitungan *analysis of variance* rasio S/N netto.

Tabel 5 Hasil perhitungan S/N rasio Netto

Kombinasi	R1	R2	R3	S/N Rasio
1	0,126	0,162	0,142	16,827
2	0,293	0,285	0,307	10,599
3	0,025	0,01	0,162	20,463
4	0,487	0,495	0,464	6,336
5	0,312	0,346	0,334	9,604
6	0,363	0,387	0,457	7,866
7	0,545	0,531	0,414	6,018
8	0,552	0,667	0,646	4,101
9	0,573	0,574	0,667	4,347

Tabel 6 Analysis of variance Netto

Source	DF	SS	Cont.	MS	Fhitung
IP	2	198,265	77,58%	99,132	22,08
IT	2	11,784	4,61%	5,892	1,313
CT	2	36,526	14,29%	18,263	4,069
Error	2	8,978	3,51%	4,489	
Total	8	255,552	100,00%		

Uji hipotesis untuk eksperimen ini menggunakan  $F_{tabel}$  dengan interval kepercayaan 95%.  $Df_1$  adalah jumlah derajat kebebasan untuk faktor sedangkan  $Df_2$  adalah jumlah derajat kebebasan untuk *error*. Jika  $F_{hitung} < F_{tabel}$ , maka diputuskan bahwa  $H_0$  dapat diterima, yang mengindikasikan bahwa respon tidak terpengaruh secara signifikan. Sementara itu, jika  $F_{hitung} > F_{tabel}$ , maka  $H_0$  ditolak, hal ini mengindikasikan adanya pengaruh yang besar terhadap respon.

Tabel 7 Uji Hipotesis

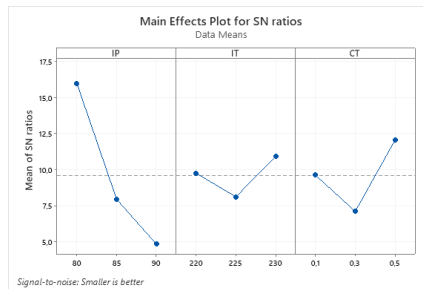
Source	$F_{hitung}$	Hipotesis
IP	22,08	$H_0$ ditolak
IT	1,313	$H_0$ diterima
CT	4,069	$H_0$ diterima

Selanjutnya adalah tahapan mencari nilai level parameter yang paling optimal. Level parameter optimal ini akan digunakan untuk acuan perbaikan proses pada respon netto. Data yang digunakan dalam perhitungan optimal yaitu nilai S/N rasio.

Tabel 8 Parameter yang paling optimal untuk *Netto*

Level	IP	IT	CT
1	15,963	9,727	9,598
2	7,935	8,102	7,094
3	4,822	10,892	12,028
Delta	11,141	2,790	4,934
Rank	1	3	2

Berdasarkan tabel 8 didapatkan parameter optimal pada respon *netto* yaitu faktor *injection pressure* yang ada di level 1 sebesar 80 bar, faktor *injection temperature* yang ada di level 3 sebesar 230°C, dan faktor *cooling time* yang ada di level 3 sebesar 0,5 s. Gambar 2 merupakan hasil grafik dari level faktor parameter optimal terhadap respon *netto* pada *software* minitab.



Gambar 2. Grafik nilai parameter yang berpengaruh

Berikut adalah perhitungan nilai prediksi menggunakan persamaan 2.

$$\begin{aligned}
 \mu_{prediksi} &= \gamma_m + \sum_{i=1}^q \gamma_i - \gamma_m \\
 &= 9,573 + ((15,963 - 9,573)) + \\
 &\quad (10,892 - 9,573) + \\
 &\quad (12,028 - 9,573)) \\
 &= 19,736
 \end{aligned}$$

Tahapan berikutnya adalah menginterpretasi data eksperimen yang berupaya menghitung nilai interval prediksi yang akan dikontraskan dengan nilai interval eksperimen konfirmasi. Nilai interval kepercayaan yang dipilih adalah 95% dengan  $F_{(0,05;1;2)} = 18,513$ . Perhitungan ini menggunakan persamaan 3.

$$\begin{aligned}
 n_{eff} &= \text{banyaknya pengamatan efektif} \\
 &= \frac{9 \times 3}{1+2+2+2} \\
 &= 3,857 \\
 Cl_p &= \sqrt{\frac{F_{\alpha; d_{f1}; d_{f2}} MS_E}{n_{eff}}} \\
 &= \sqrt{\frac{18,513 \times 4,489}{3,857}} \\
 &= \pm 4,642 \\
 \mu_{prediksi} - Cl_p &\leq \mu_{prediksi} \leq \mu_{prediksi} + Cl_p \\
 19,736 - 4,642 &\leq \mu_{prediksi} \leq 19,736 + 4,642 \\
 15,095 &\leq \mu_{prediksi} \leq 24,378
 \end{aligned}$$

### 3.3 Eksperimen Konfirmasi

Tahapan eksperimen konfirmasi ini digunakan untuk mengonfirmasi nilai prediksi apakah sudah sesuai dengan kondisi lapangan atau tidak. Perhitungan ini menggunakan persamaan 4 untuk perhitungan interval kepercayaan konfirmasi

$$\begin{aligned}
 Cl_k &= \sqrt{F_{\alpha; d_{f1}; d_{f2}} MS_E \left[ \frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r} \right]} \\
 &= \sqrt{18,513 \times 4,489 \left[ \frac{1}{3,857} + \frac{1}{3} \right]} \\
 &= \pm 7,018 \\
 \mu_{konfirmasi} - Cl_k &\leq \mu_{konfirmasi} \leq \mu_{konfirmasi} + Cl_k \\
 15,519 - 7,018 &\leq \mu_{konfirmasi} \leq 15,519 + 7,018 \\
 9,502 &\leq \mu_{konfirmasi} \leq 23,537
 \end{aligned}$$

Tingkat kepercayaan minimum dan terbesar masing-masing adalah 9,502 dan 23,537, hal ini diperoleh dari hasil perhitungan interval kepercayaan. Selain itu, seperti yang ditunjukkan pada gambar 3 di bawah ini, grafik digunakan untuk membandingkan nilai interval kepercayaan dari percobaan prediksi dan percobaan konfirmasi.



Gambar 3. Grafik perbandingan nilai eksperimen prediksi dan konfirmasi

Berdasarkan grafik interval kepercayaan pada gambar 3 dapat diketahui bahwa kedua interval kepercayaan memiliki nilai yang beririsan. Maka hasil prediksi dinyatakan berhasil dengan adanya bukti pelaksanaan eksperimen konfirmasi.



#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan pengalaman pada mesin *injection molding* beserta teori dari mesin *injection molding* diketahui bahwa parameter yang berpengaruh dalam respon netto yaitu *injection pressure*, *injection temperature*, dan *cooling time*. Namun dalam pengujian ini didapatkan parameter yang berpengaruh yaitu *injection pressure* sebesar 77,58%, sedangkan parameter *injection temperature* dan *cooling time* tidak berpengaruh signifikan terhadap respon netto yaitu dengan nilai persentase kontribusi sebesar 4,61% dan 14,29%.

Level dari parameter proses yang ideal didapatkan dengan menerapkan metode taguchi yaitu *injection pressure* sebesar 80 bar, *injection temperature* sebesar 230°C, dan *cooling time* sebesar 0,5 s.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Admadi, B., & Arnata, I. W. (2015). *Teknologi Polimer*. Bali: Universitas Udayana.
- [2] Fathoni, M. A., Waluyo, B., & Sedyono, J. (2015). Analisa Pengaruh Parameter Tekanan terhadap Cacat Warpage dari produk *injection molding* berbahan polyperila. *Skripsi S1 Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Surakarta*.
- [3] Gupta, M. K., Mia, M., Pruncu, C. I., Khan, A. M., Rahman, M. A., Jamil, M., et al. (2020). Modeling and performance evaluation of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> MoS<sub>2</sub> and graphite nanoparticle-assisted MQL inturning titanium alloy: An intelligent approach. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 42(4), 1-21.
- [4] Kamarudin, M. H., Ibrahim, M. I., Asmawi, R. M., Muhamud, R. I., & Ibrahim, M. H. (2021). Parameter Optimazation of Injection Molding Using High Density Polyethylene-Pineapple. *Journal of Advanced Manufacturing Technology (JAMT)*, Volume ISSN: 1985-3157.
- [5] Karunia, Y., Purwanti, E. P., & Karuniawan, B. W. (2020). Analisa Pengaruh Parameter Injection Moulding pada Produk Head Travel Kit terhadap Cycle Time dan Netto menggunakan metode Respon Surface. *Conference Design and Manufacture*. Surabaya: PPNS.
- [6] Mufid, A. K., Budiyanoro, C., & Rahman, M. B. (2017). Perancangan Injection Moulding dengan Sistem Three Plate. *JMPM: Jurnal Material dan Proses*, pp. 72-81.
- [7] PT Cuan, I. G. (2020). *Mengenal HIPS, keuntungan dan pengaplikasian nya*. Retrieved Juni 20, 2023, from PT Cuan Plastik Web Site: <https://www.cuanplastics.com/news/read/mengenal-hips-keuntungan-dan-pengaplikasian-nya>
- [8] Pujari, G. V., & Naik, V. R. (2016). Optimization Of Parameters & Minimization Of Defect By Applying Taguchi & Moldflow Method For Injection Molding Component. *International Journal of Advanced Technology in Engineering and Science*, 03, 01. 95 – 101.
- [9] Purnomo, M. H., Sidi, P., & Arumsari, N. (2017). Analisa Pengaruh Parameter Proses Injection Moulding terhadap Berat Produk Cap Lem Fox Menggunakan Metode Taguchi. *Diploma Thesis, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya*.
- [10] Rachman, F., Setiawan, T. A., Karuniawan, B. W., & Maya, R. A. (2019). Penerapan Metode Taguchi Dalam Optimasi Parameter Pada Proses Electrical Discharge Machining (EDM). *J Statistika*, Vol. 12, No. 1, Hal. 7-12.
- [11] Soejanto, I. (2009). *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [12] Yanto, H., Saputra, I., & Satoto, S. W. (2018). Analisa Pengaruh Temperatur dan Tekanan Injeksi Moulding terhadap Cacat Produk. *Jurnal Integrasi*, Volume 10 No. 1, pp. 1-6.