

Analisis Pengaruh *Holding Time*, *Holding Pressure*, dan *Cooling Time* Terhadap Nilai dan Konsistensi *Lid Opening Force*

Aditya Nugraha¹, Adi Nugroho², Adhi Setya Hutama¹, Stevanus Hanung Tri Budiarto³

¹ Program Studi Rekayasa Teknologi Manufaktur, Politeknik ATMI Surakarta, Surakarta

² Program Studi Teknik Perancangan Mekanik dan Mesin, Politeknik ATMI Surakarta, Surakarta

³ Program Studi Perancangan Manufaktur, Politeknik ATMI Surakarta, Surakarta

*Email Corresponding Author: aditya.nugraha@atmi.ac.id

ABSTRAK

Flip top cap tube merupakan tutup botol yang terdiri dari 2 bagian yaitu tutup dan topi, dibutuhkan gaya untuk melakukan gerakan membuka pada *flip top cap tube* yang disebut dengan *lid opening force*. Dalam mengatasi permasalahan rendahnya nilai *lid opening force* pada produk cap tube 35 mm, dilakukan penelitian pada parameter yang memiliki pengaruh terhadap nilai *lid opening force* yaitu tekanan tahan, waktu tahan, dan waktu pendinginan. Tekanan tahan yang diteliti memiliki nilai 25%, 30%, 35%, dan 40%. Waktu tahan dengan nilai 0,8 detik, 1 detik, 1,2 detik, dan 1,4 detik dan waktu pendinginan dengan nilai 11,5 detik dan 12,5 detik. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Taguchi dan ANOVA. Analisis dari hasil penelitian menunjukkan bahwa parameter tekanan tahan memberikan persentase kontribusi 72,42%, waktu pendinginan dengan persentase kontribusi 15,35%, dan waktu tahan dengan persentase kontribusi 4,33%. Untuk mendapatkan nilai *lid opening force* terbaik dengan nilai 1,73 kgf, maka digunakan parameter setting tekanan tahan dengan nilai 40%, waktu tahan dengan nilai 1,4 detik, dan waktu pendinginan dengan nilai 12,5 detik. **Keywords:** *flip top cap tube*, *lid opening force*, tekanan tahan, waktu tahan, waktu pendinginan.

ABSTRACT

Flip top cap tube is a bottle cap which consisting of 2 parts, lid and cap. It amount of force to open the *flip top cap tube* which is called *lid opening force*. In addressing the low value of *lid opening force* on 35mm cap tube products, research was conducted on parameters that have an influence on the value of *lid opening force*, that are holding pressure, holding time, and cooling time. The holding pressure researched with values of 25%, 30%, 35%, and 40%. The holding time was 0.8 seconds, 1 second, 1.2 seconds, and 1.4 seconds and the cooling time was 11.5 seconds and 12.5 seconds. The methods used in this research are Taguchi and ANOVA. Analysis of the results showed that the holding pressure parameter provided a contribution percentage of 72.42%, cooling time with a contribution percentage of 15.35%, and holding time with a contribution percentage of 4.33%. To get the best *lid opening force* value with a value of 1.73 kgf, the parameter setting of holding pressure with a value of 40%, holding time with a value of 1.4 seconds, and cooling time with a value of 12.5 seconds is used.

Keywords: *flip top cap tube*, *lid opening force*, holding pressure, holding time, cooling time.

PENDAHULUAN

Kebutuhan dan penggunaan produk plastik di Indonesia relatif cukup besar terbukti dengan kebutuhan bahan baku plastik hingga 7 juta ton per tahun, dengan asumsi konsumsi mencapai 1,9 juta ton [1]. Plastik masih menjadi material yang diandalkan karena memiliki banyak keunggulan yaitu kuat tetapi ringan, tidak dapat teroksidasi, tidak mudah pecah, mudah dibentuk, mudah untuk diproduksi secara massal, harga yang relatif murah, serta memiliki aneka warna yang cantik dan menarik [2].

Produk plastik banyak digunakan di berbagai macam sektor industri, salah satunya adalah industri kimia dan farmasi [3]. Material plastik digunakan sebagai *packaging* baik *pot* (botol) maupun *cap* (tutup) untuk produk

healthcare seperti sabun *body wash*, *shampoo*, sabun cuci muka, kosmetik dan produk lainnya. Tutup botol umumnya diproduksi dengan menggunakan metode *injection molding* [4].

Injeksi plastik adalah metode penting dalam industri manufaktur plastik. Injeksi plastik banyak dipilih karena memiliki beberapa keunggulan, yaitu kapasitas produksi yang tinggi, penggunaan bahan yang tidak perlu dan tenaga kerja yang minimal. Selain itu, bahan baku yang digunakan juga dapat diproses dalam sekali proses, dan cara ini umumnya tidak memerlukan proses *finishing*. Keuntungan dari proses pencetakan injeksi adalah pembuatan objek dengan bentuk geometris yang kompleks dalam satu langkah pembuatan dilakukan secara otomatis [5].



Gambar 1 Mesin Injection Molding

Berbagai macam jenis tutup botol dirancang dan dikembangkan sesuai dengan kebutuhan konsumen dan fungsi masing masing. Jenis tutup botol yang banyak digunakan diantaranya adalah *press top*, *snap cap*, *screw cap*, dan *flip top*. *Flip top* merupakan jenis tutup yang terdiri atas 2 bagian, yaitu *cap* (tutup) dan *lid* (topi) yang mana ketika ditutup, produk tidak boleh mengalami kebocoran, dan menghasilkan nilai LOF (*Lid Opening Force*) yang ideal. *Lid opening force* merupakan besar gaya yang dibutuhkan untuk melakukan gerakan membuka pada tutup *flip top*, yang pada kondisi ideal, umumnya memiliki nilai 1 kgf sampai 2 kgf.



Gambar 2 Flip Top Cap Tube

Nilai *lid opening force* dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah nilai *setting* parameter pada mesin injeksi [6]. Masalah yang kerap terjadi di PT. RPI adalah rendahnya nilai *lid opening force* pada produk cap tube 35mm yang berpotensi menimbulkan kebocoran, sehingga dibutuhkan penyesuaian nilai parameter yang berkaitan dengan kepadatan material. Dengan latar belakang masalah yang ada, maka dilakukan suatu penelitian pengaruh *holding pressure*, *holding time*, dan *cooling time* terhadap nilai dan konsistensi *lid opening force* untuk mengetahui parameter yang paling berpengaruh terhadap nilai LOF, sehingga diharapkan jumlah produk *reject* yang diakibatkan oleh rendahnya nilai *lid opening force* dapat berkurang.

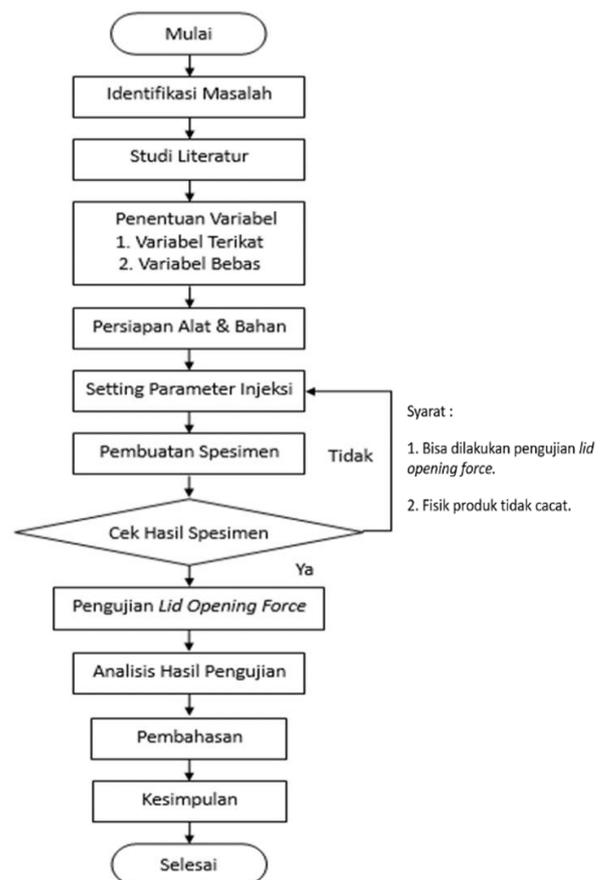
Temperatur dan tekanan injeksi *moulding* berpengaruh terhadap cacat produk [7], pengujian dilakukan dalam rangka meminimalisir cacat produk *safety cover* pada colokan listrik. Pengujian yang dilakukan berupa analisa dengan menggunakan tiga variabel temperatur *nozzle* dan dua variabel tekanan injeksi. Hasil yang diperoleh

adalah *setting* temperatur *nozzle* pada suhu 170°C dan tekanan injeksi dengan nilai 60 MPa menghasilkan produk yang paling optimal dengan cacat produk paling sedikit.

Pengaturan parameter mesin injeksi plastik pada pembuatan *acid container* berpengaruh terhadap cacat produk [8]. Optimasi dilakukan pada *setting* parameter mesin injeksi dengan tujuan menekan angka cacat produksi yang dilakukan dengan beberapa variabel parameter *setting* yang hasilnya dianalisa dengan teknik SNR (*Signal to Noise Ratio*) dan metode taguchi. Kombinasi parameter terbaik yang dapat menekan angka cacat produksi dengan maksimal cacat produksi 2,5 % [9].

METODE PENELITIAN

Tahapan analisis pengaruh *holding pressure*, *holding time*, dan *cooling time* terhadap nilai dan konsistensi *lid opening force* ditunjukkan oleh diagram alir pada Gambar 3.



Gambar 3 Diagram Alir Penelitian

Konsep penelitian ini dikembangkan dengan proses *injection molding* sebagai fungsi dari parameter, untuk mendapatkan nilai *lid*

opening force 1kgf -2kgf pada produk *cap tube* 35mm [10]. Parameter yang diteliti diduga memiliki pengaruh terhadap kepadatan material yang dapat mempengaruhi nilai *lid opening force*.

Variasi parameter yang digunakan sebagai variabel bebas adalah *holding pressure* dengan nilai 25%, 30%, 35%, dan 40% dengan *holding pressure* maksimal 181Mpa, satuan menggunakan (%) mengikuti satuan nilai yang diinput pada *control unit* mesin injeksi JSW180ADS. *Holding time* dengan nilai 0,8 detik, 1 detik, 1,2 detik, dan 1,4 detik. *Cooling time* dengan nilai 11,5 detik dan 12,5 detik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan data penelitian dilakukan dengan cara mengkombinasikan variabel- variabel parameter yang terdapat pada mesin *injection molding* dengan merek JSW 180 ADS [11]. Proses yang diduga berpengaruh pada nilai *lid opening force* adalah *cooling time* (A), *holding pressure* (B), dan *holding time* (C). Setelah itu dilakukan pengambilan uji spesimen dengan 32 kombinasi parameter pada 3 *mold cavity*, lalu spesimen diukur nilai *lid opening force* menggunakan alat *pull/push tester*. Setelah data pengujian diperoleh, dilakukan pengolahan data menggunakan cara perhitungan pada eksperimen dengan metode taguchi dan *general linear model* dengan *software* minitab. Data hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Data Pengukuran Spesimen

| No. | Cooling Time (s) | Holding Pressure (%) | Holding Time (s) | Lid Opening Force (kgf) | | | |
|-----|------------------|----------------------|------------------|-------------------------|------|------|-------|
| | | | | A | B | C | CAV 3 |
| 1 | 11,5 | 25 | 0,8 | 1,57 | 1,6 | 0,96 | 1,38 |
| 2 | 11,5 | 25 | 1 | 1,59 | 1,62 | 1,05 | 1,42 |
| 3 | 11,5 | 25 | 1,2 | 1,61 | 1,64 | 1,1 | 1,45 |
| 4 | 11,5 | 25 | 1,4 | 1,63 | 1,65 | 1,15 | 1,48 |
| 5 | 11,5 | 30 | 0,8 | 1,6 | 1,65 | 1,14 | 1,46 |
| 6 | 11,5 | 30 | 1 | 1,61 | 1,72 | 1,1 | 1,48 |
| 7 | 11,5 | 30 | 1,2 | 1,63 | 1,72 | 1,1 | 1,48 |
| 8 | 11,5 | 30 | 1,4 | 1,63 | 1,73 | 1,2 | 1,52 |
| 9 | 11,5 | 35 | 0,8 | 1,64 | 1,7 | 1,16 | 1,50 |
| 10 | 11,5 | 35 | 1 | 1,67 | 1,72 | 1,2 | 1,53 |
| 11 | 11,5 | 35 | 1,2 | 1,7 | 1,74 | 1,13 | 1,52 |
| 12 | 11,5 | 35 | 1,4 | 1,71 | 1,74 | 1,2 | 1,55 |
| 13 | 11,5 | 40 | 0,8 | 1,76 | 1,68 | 1,31 | 1,58 |
| 14 | 11,5 | 40 | 1 | 1,65 | 1,72 | 1,33 | 1,57 |
| 15 | 11,5 | 40 | 1,2 | 1,7 | 1,76 | 1,36 | 1,61 |
| 16 | 11,5 | 40 | 1,4 | 1,7 | 1,74 | 1,37 | 1,60 |
| 17 | 12,5 | 25 | 0,8 | 1,64 | 1,64 | 1,01 | 1,43 |
| 18 | 12,5 | 25 | 1 | 1,65 | 1,65 | 1,07 | 1,46 |
| 19 | 12,5 | 25 | 1,2 | 1,67 | 1,66 | 1,2 | 1,51 |
| 20 | 12,5 | 25 | 1,4 | 1,68 | 1,62 | 1,24 | 1,51 |
| 21 | 12,5 | 30 | 0,8 | 1,67 | 1,72 | 1,2 | 1,53 |
| 22 | 12,5 | 30 | 1 | 1,65 | 1,74 | 1,23 | 1,54 |
| 23 | 12,5 | 30 | 1,2 | 1,66 | 1,74 | 1,25 | 1,55 |
| 24 | 12,5 | 30 | 1,4 | 1,7 | 1,75 | 1,2 | 1,55 |
| 25 | 12,5 | 35 | 0,8 | 1,68 | 1,68 | 1,47 | 1,61 |
| 26 | 12,5 | 35 | 1 | 1,69 | 1,73 | 1,23 | 1,55 |
| 27 | 12,5 | 35 | 1,2 | 1,7 | 1,71 | 1,22 | 1,54 |
| 28 | 12,5 | 35 | 1,4 | 1,71 | 1,75 | 1,24 | 1,57 |
| 29 | 12,5 | 40 | 0,8 | 1,82 | 1,8 | 1,36 | 1,66 |
| 30 | 12,5 | 40 | 1 | 1,84 | 1,86 | 1,4 | 1,70 |
| 31 | 12,5 | 40 | 1,2 | 1,88 | 1,82 | 1,42 | 1,71 |
| 32 | 12,5 | 40 | 1,4 | 1,89 | 1,84 | 1,45 | 1,73 |

Setelah memperoleh hasil deviasi dan dilanjutkan perhitungan *S/N ratio* keakurasian ukuran dengan karakteristik kualitas *larger the better*, maka diperoleh data seperti pada Tabel 2.

Tabel 2 *S/N Ratio* Keakurasian Nilai *Lid Opening Force*

| No. | Cooling Time (s) | Holding Pressure (%) | Holding Time (s) | S/N Ratio |
|-----|------------------|----------------------|------------------|-----------|
| | A | B | C | |
| 1 | 11,5 | 25 | 0,8 | 2,777 |
| 2 | 11,5 | 25 | 1 | 3,046 |
| 3 | 11,5 | 25 | 1,2 | 3,227 |
| 4 | 11,5 | 25 | 1,4 | 3,386 |
| 5 | 11,5 | 30 | 0,8 | 3,307 |
| 6 | 11,5 | 30 | 1 | 3,386 |
| 7 | 11,5 | 30 | 1,2 | 3,425 |
| 8 | 11,5 | 30 | 1,4 | 3,637 |
| 9 | 11,5 | 35 | 0,8 | 3,522 |
| 10 | 11,5 | 35 | 1 | 3,694 |
| 11 | 11,5 | 35 | 1,2 | 3,656 |
| 12 | 11,5 | 35 | 1,4 | 3,807 |
| 13 | 11,5 | 40 | 0,8 | 3,991 |
| 14 | 11,5 | 40 | 1 | 3,900 |
| 15 | 11,5 | 40 | 1,2 | 4,119 |
| 16 | 11,5 | 40 | 1,4 | 4,100 |
| 17 | 12,5 | 25 | 0,8 | 3,107 |
| 18 | 12,5 | 25 | 1 | 3,267 |
| 19 | 12,5 | 25 | 1,2 | 3,580 |
| 20 | 12,5 | 25 | 1,4 | 3,599 |
| 21 | 12,5 | 30 | 0,8 | 3,694 |
| 22 | 12,5 | 30 | 1 | 3,750 |
| 23 | 12,5 | 30 | 1,2 | 3,807 |
| 24 | 12,5 | 30 | 1,4 | 3,807 |
| 25 | 12,5 | 35 | 0,8 | 4,137 |
| 26 | 12,5 | 35 | 1 | 3,807 |
| 27 | 12,5 | 35 | 1,2 | 3,769 |
| 28 | 12,5 | 35 | 1,4 | 3,900 |
| 29 | 12,5 | 40 | 0,8 | 4,402 |
| 30 | 12,5 | 40 | 1 | 4,609 |
| 31 | 12,5 | 40 | 1,2 | 4,643 |
| 32 | 12,5 | 40 | 1,4 | 4,744 |

Setelah *S/N Ratio* untuk nilai *lid opening force* permukaan diperoleh, maka dapat disimpulkan dengan data seperti pada Tabel 3.

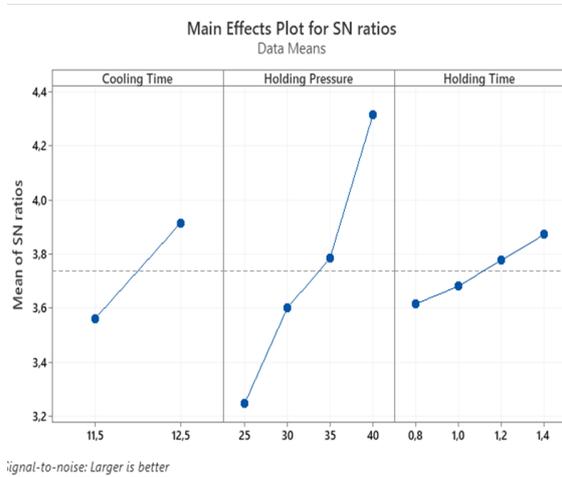
Tabel 3 Data Ranking *S/N Ratio* Nilai *Lid Opening Force*

| Control Factor | S/N Ratio | | |
|----------------|------------------|----------------------|------------------|
| | Cooling Time (s) | Holding Pressure (%) | Holding Time (s) |
| Level 1 | 3,561 | 3,248 | 3,617 |
| Level 2 | 3,914 | 3,601 | 3,682 |
| Level 3 | | 3,786 | 3,778 |
| Level 4 | | 4,314 | 3,872 |
| Delta | 0,353 | 1,065 | 0,255 |
| Rank | 2 | 1 | 3 |

Dari data rata rata dari *S/N Ratio* Tabel 3, dapat dilihat untuk nilai *lid opening force* yang terbaik, besaran parameter *cooling time* terbaik adalah pada level 2. Parameter *cooling time* level 2 memiliki nilai 12,5 detik. Untuk nilai *lid opening force* yang terbaik, besaran parameter *holding pressure* terbaik adalah pada level 4. Parameter *holding pressure* level 4 memiliki nilai 40%. Untuk nilai *lid opening force* yang terbaik, besaran parameter *holding time* terbaik adalah pada level 4.

Parameter *holding time* level 4 memiliki nilai 1,4 detik.

Adapun grafik *main effects plot for S/N Ratio* masing-masing faktor terhadap nilai *lid opening force* permukaan dapat dilihat pada Gambar 4



Gambar 4 Grafik *S/N Ratio* Nilai *Lid Opening Force*

Gambar 4 menunjukkan grafik masing-masing faktor terhadap nilai *lid opening force*. Dari grafik di atas, dapat disimpulkan bahwa:

1. Faktor *cooling time* level 2 dengan nilai 12,5 detik memberikan efek yang lebih besar dibandingkan *cooling time* level 1 dengan nilai 11,5 detik.
2. Faktor *holding pressure* level 4 dengan nilai 40% memberikan efek yang lebih besar dibandingkan level 3, level 2, dan level 1 dengan nilai 35%, 30%, 25%.
3. Faktor *holding time* level 4 dengan nilai 1,4 detik memberikan efek yang lebih besar dibandingkan level 3, level 2, dan level 1 dengan nilai 1,2 detik, 1,0 detik, dan 0,8 detik.

Dari analisis grafik *main effects plot for S/N ratios*, Tabel 4 merupakan kombinasi terbaik.

Tabel 4 Data Kombinasi Parameter Terbaik Nilai *LOF* Terbaik

| | Holding | | LOF (kgf) | |
|----------|--------------|----------|--------------|---------|
| Solution | Cooling Time | Pressure | Holding Time | Fit |
| 1 | 12,5 | 40 | 1,4 | 1,69937 |
| 2 | 12,5 | 40 | 1,2 | 1,68271 |
| 3 | 12,5 | 40 | 1 | 1,66604 |

Dengan menggunakan pengolahan data *general linear model* (ANOVA) pada minitab, maka didapatkan data seperti pada Tabel 5.

Tabel 5 Pembahasan ANOVA

| Analysis of Variance (ANOVA) | | | | | | | |
|------------------------------|----|----------|----------|---------|---------|------------------|---------|
| Source | DF | Adj SS | Adj MS | F-Value | P-Value | Contribution (%) | Ranking |
| Cooling Time (s) | 1 | 0,032089 | 0,032089 | 46,39 | 0 | 15,346 | 2 |
| Holding Pressure (%) | 3 | 0,151438 | 0,050479 | 72,98 | 0 | 72,420 | 1 |
| Holding Time (s) | 3 | 0,008982 | 0,002994 | 4,33 | 0,014 | 4,295 | 3 |
| Error | 24 | 0,016601 | 0,000692 | | | 7,939 | |
| Total | 31 | 0,20911 | | | | | |

Dari Tabel 5 dapat dilihat persentase kontribusi variabel *cooling time* terhadap nilai *lid opening force*, dengan nilai persentase 15,311%. Persentase kontribusi variabel *holding pressure* terhadap nilai *lid opening force*, dengan nilai persentase 72,249%.

Persentase kontribusi variabel *holding time* terhadap nilai *lid opening force*, dengan nilai persentase 4,306%. Persentase kontribusi variabel *error* terhadap nilai *lid opening force*, dengan nilai persentase 8,144%.

KESIMPULAN

Setelah dilakukan penelitian dan pengujian untuk mengetahui pengaruh beberapa variabel parameter terhadap nilai *lid opening force* dan mengetahui setting parameter yang tepat untuk mendapatkan nilai *lid opening force* terbaik, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil analisa membuktikan bahwa besar pengaruh *cooling time* terhadap nilai *lid opening force* adalah sebesar 15,311%, besar pengaruh *holding pressure* terhadap nilai *lid opening force* adalah sebesar 72,49%, dan besar pengaruh *holding time* terhadap nilai *lid opening force* adalah sebesar 8,144%.
2. Untuk mendapatkan hasil nilai *lid opening force* terbaik, digunakan input parameter variabel *cooling time* sebesar 12,5 detik, variabel *holding pressure* sebesar 40%, variabel *holding time* sebesar 1,4 detik yang menghasilkan nilai *lid opening force* sebesar 1,73 kgf.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dwiwahjono, A. S., 2019. Informasi dari <https://www.kemenperin.go.id/artikel/20823/ghs> (diakses pada Jumat-Agustus-2023).
- [2] Haryanti, N. H. (2017). Potensi Serat Alam Sebagai Material Komposit.
- [3] Hidayat, S. (2022). Analisis peranan sektor industri pengolahan banten dalam perekonomian banten dan nasional. *Jurnal Bina Bangsa Ekonomika*, 15(2),
- [4] Sulistiyanto, D. (2017). Analisis parameter injection moulding terhadap waktu siklus tutup botol 500 ml menggunakan desain box-behnken.466-480.
- [5] Primustafa, U. A. (2023). Perancangan Perbaikan Desain Produk Komponen Mesin Hinge Lid Packer (Hlp) Dengan Menggunakan Metode Quality Function Deployment (Qfd) (Doctoral Dissertation, Universitas Islam Sultan Agung).
- [6] Rizal, M. (2018). Pengaruh Variasi Tekanan, Temperatur, dan Ukuran Runner Terhadap Filling Time Pada Proses Injeksi Molding Produk Penghapus Whiteboard.
- [7] Yanto, H., Saputra, I., & Satoto, S.W. 2018. Analisa Pengaruh Temperatur dan Tekanan Injeksi Moulding Terhadap Cacat Produk. *Jurnal Integrasi Politeknik Negeri Batam* Vol. 10 No. 1. 1-6.
- [8] Mulyadi, D. (2022). Optimasi Pengaturan Parameter Mesin Injeksi Plastik pada Pembuatan Acid Container dengan Metode Taguchi. *Prosiding Konferensi Nasional Penelitian Dan Pengabdian Universitas Buana Perjuangan Karawang*, 2(1), 251-261.
- [9] Mulyadi, D. dan Ispriyantoro, J. (2022). Optimasi Pengaturan Parameter Mesin Injeksi Plastik pada Pembuatan *Acid Container* dengan Metode Taguchi. *Jurnal Teknik Mesin E-ISSN : 2798-2580*. 251-261.
- [10] Hakim, A. R. (2016). Pengaruh Suhu, Tekanan dan Waktu Pendinginan Terhadap Cacat Warpage Produk Berbahan Plastik. *Jurnal Dimensi*, 5(1).
- [11] Burli, M. F. (2021). Optimasi Kekasaran Permukaan Proses Drilling Baja SKD 11 Pada CNC Milling menggunakan Metode Taguchi. *J-Proteksion: Jurnal Kajian Ilmiah dan Teknologi Teknik Mesin*, 6(1), 10-15.