

## **Analisa Pengaruh Parameter *Injection Moulding* pada Produk *Head Travel Kit* Terhadap *Cycle Time* dan *Netto* Menggunakan Metode *Response Surface***

**Yoga Karunia Perdana <sup>1\*</sup>, Endang Pudji Purwanti, <sup>2</sup>, Bayu Wiro Karuniawan <sup>3</sup>**

*Teknik Desain dan Manufaktur, Teknik Perseminan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia*<sup>1\*</sup>  
*Teknik Perancangan dan Konstruksi Kapal, Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia*<sup>2</sup>

*Teknik Desain dan Manufaktur, Teknik Perseminan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia*<sup>3</sup>  
Email: [yogasebelas@gmail.com](mailto:yogasebelas@gmail.com)<sup>1</sup>

---

**Abstract** – *Injection molding is a machining process that can form plastic-based objects in bulk and quickly. Some of the problems encountered in injection molding machines are long cycle times. This hampers the production rate. Several parameters to be analyzed for cycle time and net are injection speed, injection pressure, and holding pressure. Optimization of values for injection speed, injection pressure, and holding time is done to get the fastest cycle time and the lightest net product. The analysis process in this study uses the Response Surface method. The experimental design used was Box-Behnken with ANOVA to analyze the data. From the research conducted, it can be concluded that the injection speed parameter is a parameter that has a strong influence on cycle time, this is evidenced by the value of the injection speed tcount greater than the t table. Meanwhile, of the three parameters studied, individually did not affect the net response. The configuration parameters that produce the optimal value are the injection speed of 25 m / s, the injection pressure of 1586.8687 bar / kN, and the holding pressure of 1000 bar / kN. From this configuration, the cycle time value is 41.92 seconds and a net value is 4.739 grams.*

**Keyword:** *Injection Moulding, Response Surface, Box – Behnken Design, ANOVA, Cycle Time, Netto*

---

### **1. PENDAHULUAN**

Proses *injection moulding* adalah proses permesinan industri manufaktur yang digunakan untuk membuat sebuah produk dengan material plastik. Proses ini memiliki kecepatan yang tinggi dan otomatis, proses ini juga dapat mengolah plastik menjadi sebuah produk dengan geometri kompleks. *Injection moulding* mempunyai beberapa langkah dalam membuat sebuah produk, yaitu mulai dari memasukkan biji plastik kedalam *hopper* (penampung plastik sebelum masuk dilelehkan), lalu biji plastik tersebut masuk kedalam *barel*/pemanas yang mengubah dari bentuk biji plastik menjadi plastik meleleh. Lelehan plastik ini akan didorong oleh putaran *screw*, sehingga lelehan plastik mengalir ke *nozzle*, lalu menuju *sprue*, *runner*, *gate* dan masuk ke dalam *cavity*. Kemudian material pada *cavity* akan ditahan didalam *mould* dan diberikan tekanan tertentu (*holding pressure*) agar tidak ada *shrinkage* saat produk mengalami proses pendinginan (*cooling*) (Abdurokhman, 2012).

Selain faktor dari mesin, ada hal lain yang mempengaruhi terjadinya cacat pada produk, yaitu adanya kesalahan pada *mould*. Untuk

membenahi permasalahan ini, *mould* bisa masuk tahapan *repair*. Jika tidak memungkinkan untuk *repair* dan harus dimanufaktur ulang, maka *mould* kembali ke *Mould Manufacturing Department* terlebih dahulu. Setelah *mould* selesai dan mesin dapat menghasilkan produk sesuai dengan harapan *costumer*, maka produk akan diberikan terlebih dahulu kepada *costumer* untuk mendapatkan persetujuan apakah produk sudah sesuai dengan harapan *costumer*. Kemudian jika *costumer* sudah menyetujui produk tersebut untuk diproduksi secara massal. Penelitian ini menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM) untuk menganalisa pengaruh parameter *injection moulding* terhadap *netto* dan *cycle time* dalam pembuatan produk *head travel kit*. *Design of Experiment* yang dibuat akan membuat variasi parameter dari mesin *injection moulding*. *Response Surface Methodology* adalah suatu metode yang digunakan untuk menentukan titik optimum pada parameter mesin agar mendapatkan produk yang sesuai dan tidak mengandung kecacatan (Melati, 2012). Dengan menggunakan metode ini, berbagai *variable* bebas yang mana merupakan

parameter pada *injection moulding* akan dikombinasikan agar mendapatkan hasil produk yang mempunyai *netto* paling sedikit dan *cycle time* yang paling cepat.

Adapun perumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut: Bagaimana pengaruh variasi parameter (*injection speed*, *injection pressure*, dan *holding pressure*) terhadap *cycle time* pada produksi *head travel kit* pada proses *injection moulding*; Bagaimana pengaruh variasi parameter (*injection speed*, *injection pressure*, dan *holding pressure*) terhadap *netto* pada produksi *head travel kit* pada proses *injection moulding*; Bagaimana menentukan parameter (*injection speed*, *injection pressure*, dan *holding pressure*) untuk mendapatkan *cycle time* dan *netto* yang optimal pada produksi pembuatan *head travel kit* dengan menggunakan *Response Surface Method (RSM)*.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan yaitu: Mengetahui pengaruh variasi parameter (*injection speed*, *injection pressure*, dan *holding pressure*) terhadap *cycle time* pada produksi *head travel kit* dengan menggunakan proses *injection moulding*; Mengetahui pengaruh variasi parameter (*injection speed*, *injection pressure*, dan *holding pressure*) terhadap *netto* pada produksi *head travel kit* dengan menggunakan proses *injection moulding*; Dapat menentukan parameter untuk mendapatkan *cycle time* dan *netto* yang optimal pada produksi pembuatan *head travel kit* dengan menggunakan *Response Surface Method (RSM)*.

## 2. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan *design of experiment* untuk mendapatkan kombinasi antar parameternya. Hal tersebut dilakukan agar didapat kombinasi parameter yang menghasilkan produk dengan *cycle time* tercepat dan *netto* ringan.

Sebelum menentukan desain eksperimen, yang harus dilakukan adalah menentukan variabel faktor, variabel respon, dan level variasi pada variabel faktor. Variabel faktor dan level pada setiap variabel adalah sebagai berikut:

Tabel 1 : Variabel Faktor dan Level Variasi

| Variabel Faktor                    | Level |      |      |
|------------------------------------|-------|------|------|
|                                    | -1    | 0    | 1    |
| <i>Injection Speed</i> (mm/s)      | 15    | 20   | 25   |
| <i>Injection Pressure</i> (bar/KN) | 1500  | 1600 | 1700 |
| <i>Holding Pressure</i> (bar/KN)   | 800   | 900  | 1000 |

Setelah variabel faktor dan level variasi sudah ditentukan, selanjutnya adalah menyusun *Design of Experiment*. Pada penelitian ini menggunakan *Design of Experiment Box-Behnken Design* dengan bantuan software Minitab 16. Pada penelitian ini menggunakan *Design of Experiment* pada Tabel 2 berikut ini:

Tabel 2 : *Design of Experiment*

| Trial Number | <i>Injection Speed</i> (mm/s) | <i>Injection Pressure</i> (bar/KN) | <i>Holding Pressure</i> (bar/KN) |
|--------------|-------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| 1.           | 15                            | 1500                               | 900                              |
| 2.           | 25                            | 1500                               | 900                              |
| 3.           | 15                            | 1700                               | 900                              |
| 4.           | 25                            | 1700                               | 900                              |
| 5.           | 15                            | 1600                               | 800                              |
| 6.           | 25                            | 1600                               | 800                              |
| 7.           | 15                            | 1600                               | 1000                             |
| 8.           | 25                            | 1600                               | 1000                             |
| 9.           | 20                            | 1500                               | 800                              |
| 10.          | 20                            | 1700                               | 800                              |
| 11.          | 20                            | 1500                               | 1000                             |
| 12.          | 20                            | 1700                               | 1000                             |
| 13.          | 20                            | 1600                               | 900                              |
| 14.          | 20                            | 1600                               | 900                              |
| 15.          | 20                            | 1600                               | 900                              |

### 2.1 Uji Lack of Fit

*Uji lack of fit* digunakan untuk mengetahui ketidak sesuaian antara model yang diduga dengan model sebenarnya (Purwanti & Pilarian, 2013). Untuk mengetahui ketidak sesuaian tersebut, digunakan hipotesis sebagai berikut :

- $H_0$  : nilai  $P < \alpha$  , berarti tidak ada *lack of fit* dalam model
- $H_1$  : nilai  $P \geq \alpha$  , berarti ada *lack of fit*

### 2.2 Uji Determinasi berganda ( $R^2$ )

Koefisien determinan berganda ( $R^2$ ) digunakan untuk mengetahui ketepatan model regresi. Nilai koefisien determinan berganda ( $R^2$ ) berada pada kisaran 0 – 100%. Apabila nilai koefisien determinan berganda ( $R^2$ ) semakin mendekati 100%, maka model tersebut semakin baik. Uji koefisien determinasi didapat dari nilai R-sq. Pada *software* Minitab, nilai  $R^2$  langsung muncul saat proses *analyse*.

Besarnya harga koefisien determinasi adalah berkisar  $0 \leq R^2 \leq 1$ . Artinya jika  $R^2$  mendekati 1 maka dapat dikatakan pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat adalah besar (Harahap, 2013). Tabel 3 adalah pengklasifikasian persentase nilai koefisien determinasi:

Tabel 3 : Klasifikasi Nilai Koefisien Determinasi

| Interval Koefisien | Tingkat Hubungan |
|--------------------|------------------|
| 0,80 - 1,000       | Sangat Kuat      |
| 0,60 - 0,799       | Kuat             |
| 0,40 - 0,599       | Cukup Kuat       |
| 0,20 - 0,399       | Rendah           |
| 0,00 - 0,199       | Sangat Rendah    |

Sumber: (Harahap, 2013)

### 2.3 Pengujian Koefisien Regresi Serentak

Hipotesis yang digunakan pada pengujian koefisien regresi secara serentak adalah sebagai berikut:

- $H_0 : F_{hitung} < F_{tabel}$ , maka semua variabel tidak mempunyai pengaruh terhadap *cycle time*.
- $H_1 : F_{hitung} \geq F_{tabel}$ , maka paling tidak ada satu variabel yang mempengaruhi *cycle time*.

**2.4 Pengujian Koefisien Regresi Individu**

Hipotesis pada pengujian koefisien secara individu dengan respon *cycle time* adalah sebagai berikut:

- $H_0 : t_{hitung} > t_{tabel}$ , maka variabel faktor secara individu mempengaruhi respon.
- $H_1 : t_{hitung} < t_{tabel}$ , maka variabel faktor secara individu tidak mempengaruhi respon.

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**3.1 Hasil Pengujian pada Mesin**

Setelah proses pelaksanaan *trial* selesai, langkah selanjutnya adalah mencatat *cycle time* yang ditunjukkan pada *stopwatch*. Lalu produk diukur beratnya dengan menggunakan neraca analitik.



Gambar 1. Proses Pengukuran Netto Produk

Kemudian untuk mempermudah pengolahan data maka digunakan sebuah tabel untuk mencatat hasil percobaan. Tabel yang digunakan adalah Tabel 4 berikut ini:

Tabel 4 : Rekapitulasi Data Hasil Trial

| No | Parameter |      |      | Rata - Rata Cycle Time(s) | Rata - Rata Netto (gram) |
|----|-----------|------|------|---------------------------|--------------------------|
|    | IS        | IP   | HP   |                           |                          |
| 1  | 15        | 1500 | 900  | 44,290                    | 4,683                    |
| 2  | 25        | 1500 | 900  | 42,150                    | 4,703                    |
| 3  | 15        | 1700 | 900  | 44,853                    | 4,780                    |
| 4  | 25        | 1700 | 900  | 42,957                    | 4,777                    |
| 5  | 15        | 1600 | 800  | 43,033                    | 4,823                    |
| 6  | 25        | 1600 | 800  | 43,370                    | 4,803                    |
| 7  | 15        | 1600 | 1000 | 45,257                    | 4,767                    |
| 8  | 25        | 1600 | 1000 | 42,297                    | 4,803                    |
| 9  | 20        | 1500 | 800  | 43,950                    | 4,887                    |
| 10 | 20        | 1700 | 800  | 43,107                    | 4,803                    |
| 11 | 20        | 1500 | 1000 | 43,827                    | 4,750                    |
| 12 | 20        | 1700 | 1000 | 43,007                    | 4,437                    |
| 13 | 20        | 1600 | 900  | 43,143                    | 4,643                    |
| 14 | 20        | 1600 | 900  | 43,453                    | 4,750                    |
| 15 | 20        | 1600 | 900  | 43,147                    | 4,730                    |

**3.2 Analisa Menggunakan ANAVA**

Setelah didapatkan nilai *cycle time* dan *netto* dan persamaan model, maka selanjutnya adalah menghitung data tersebut dengan tabel perhitungan ANAVA dengan hasil sebagai seperti pada Gambar 2 dan Gambar 3berikut:

Analysis of Variance for CT

| Source         | DF | Seq SS  | Adj SS  | Adj MS  | F     | P     |
|----------------|----|---------|---------|---------|-------|-------|
| Regression     | 9  | 8,5754  | 8,57541 | 0,95282 | 2,80  | 0,134 |
| Linear         | 3  | 5,6625  | 5,66254 | 1,88751 | 5,55  | 0,048 |
| IS             | 1  | 5,5444  | 5,54445 | 5,54445 | 16,32 | 0,010 |
| IP             | 1  | 0,0108  | 0,01076 | 0,01076 | 0,03  | 0,866 |
| HP             | 1  | 0,1073  | 0,10734 | 0,10734 | 0,32  | 0,598 |
| Square         | 3  | 0,1809  | 0,18093 | 0,06031 | 0,18  | 0,907 |
| IS*IS          | 1  | 0,0836  | 0,10137 | 0,10137 | 0,30  | 0,608 |
| IP*IP          | 1  | 0,0762  | 0,08200 | 0,08200 | 0,24  | 0,644 |
| HP*HP          | 1  | 0,0212  | 0,02116 | 0,02116 | 0,06  | 0,813 |
| Interaction    | 3  | 2,7319  | 2,73194 | 0,91065 | 2,68  | 0,158 |
| IS*IP          | 1  | 0,0148  | 0,01480 | 0,01480 | 0,04  | 0,843 |
| IS*HP          | 1  | 2,7170  | 2,71700 | 2,71700 | 8,00  | 0,037 |
| IP*HP          | 1  | 0,0001  | 0,00014 | 0,00014 | 0,00  | 0,985 |
| Residual Error | 5  | 1,6990  | 1,69897 | 0,33979 |       |       |
| Lack-of-Fit    | 3  | 1,6356  | 1,63558 | 0,54519 | 17,20 | 0,055 |
| Pure Error     | 2  | 0,0634  | 0,06339 | 0,03169 |       |       |
| Total          | 14 | 10,2744 |         |         |       |       |

Gambar 2. Perhitungan ANAVA pada Cycle Time

Analysis of Variance for Netto

| Source         | DF | Seq SS   | Adj SS   | Adj MS   | F    | P     |
|----------------|----|----------|----------|----------|------|-------|
| Regression     | 9  | 0.078741 | 0.078741 | 0.008749 | 0.61 | 0.754 |
| Linear         | 3  | 0.045761 | 0.045761 | 0.015254 | 1.07 | 0.442 |
| IS             | 1  | 0.000139 | 0.000139 | 0.000139 | 0.01 | 0.925 |
| IP             | 1  | 0.006422 | 0.006422 | 0.006422 | 0.45 | 0.532 |
| HP             | 1  | 0.039200 | 0.039200 | 0.039200 | 2.74 | 0.159 |
| Square         | 3  | 0.018816 | 0.018816 | 0.006272 | 0.44 | 0.735 |
| IS*IS          | 1  | 0.010572 | 0.010778 | 0.010778 | 0.75 | 0.425 |
| IP*IP          | 1  | 0.003091 | 0.002491 | 0.002491 | 0.17 | 0.694 |
| HP*HP          | 1  | 0.005154 | 0.005154 | 0.005154 | 0.36 | 0.574 |
| Interaction    | 3  | 0.014164 | 0.014164 | 0.004721 | 0.33 | 0.805 |
| IS*IP          | 1  | 0.000136 | 0.000136 | 0.000136 | 0.01 | 0.926 |
| IS*HP          | 1  | 0.000803 | 0.000803 | 0.000803 | 0.06 | 0.822 |
| IP*HP          | 1  | 0.013225 | 0.013225 | 0.013225 | 0.92 | 0.380 |
| Residual Error | 5  | 0.071507 | 0.071507 | 0.014301 |      |       |
| Lack-of-Fit    | 3  | 0.065078 | 0.065078 | 0.021693 | 6.75 | 0.132 |
| Pure Error     | 2  | 0.006430 | 0.006430 | 0.003215 |      |       |
| Total          | 14 | 0.150249 |          |          |      |       |

Gambar 3. Perhitungan ANAVA pada Netto

**3.3 Uji Koefisien Determinasi Berganda (R<sup>2</sup>)**

menunjukkan besar nilai R<sup>2</sup> pada *cycle time*. Besarnya nilai R<sup>2</sup> yaitu 83,46%, sesuai dengan Tabel 3, maka nilai tersebut termasuk dalam kategori sangat kuat.

**Response Surface Regression: CT versus IS; IP; HP**

The analysis was done using coded units.

Estimated Regression Coefficients for CT

| Term     | Coef    | SE Coef | T       | P     |
|----------|---------|---------|---------|-------|
| Constant | 43,2478 | 0,3365  | 128,504 | 0,000 |
| IS       | -0,8325 | 0,2061  | -4,039  | 0,010 |
| IP       | -0,0367 | 0,2061  | -0,178  | 0,866 |
| HP       | 0,1158  | 0,2061  | 0,562   | 0,598 |
| IS*IS    | 0,1657  | 0,3034  | 0,546   | 0,608 |
| IP*IP    | 0,1490  | 0,3034  | 0,491   | 0,644 |
| HP*HP    | 0,0757  | 0,3034  | 0,250   | 0,813 |
| IS*IP    | 0,0608  | 0,2915  | 0,209   | 0,843 |
| IS*HP    | -0,8242 | 0,2915  | -2,828  | 0,037 |
| IP*HP    | 0,0058  | 0,2915  | 0,020   | 0,985 |

S = 0,582918 PRESS = 26,3120

R-Sq = 83,46% R-Sq(pred) = 0,00% R-Sq(adj) = 53,70%

Gambar 4. Uji Koefisien Determinasi Berganda pada CycleTime

Gambar menunjukkan besar nilai R<sup>2</sup> pada netto. Besarnya R<sup>2</sup> pada netto yaitu 57,38%, sesuai dengan Tabel 3, maka nilai tersebut termasuk dalam kategori cukup kuat.

Estimated Regression Coefficients for Netto

| Term     | Coef     | SE Coef | T       | P     |
|----------|----------|---------|---------|-------|
| Constant | 4.70778  | 0.03926 | 119.924 | 0.000 |
| IS       | 0.00458  | 0.02404 | 0.191   | 0.856 |
| IP       | 0.00375  | 0.02404 | 0.156   | 0.882 |
| HP       | -0.03750 | 0.02404 | -1.560  | 0.180 |
| IS*IS    | 0.02153  | 0.03539 | 0.608   | 0.570 |
| IP*IP    | 0.00653  | 0.03539 | 0.184   | 0.861 |
| HP*HP    | 0.06903  | 0.03539 | 1.951   | 0.109 |
| IS*IP    | -0.00583 | 0.03400 | -0.172  | 0.870 |
| IS*HP    | 0.01333  | 0.03400 | 0.392   | 0.711 |
| IP*HP    | 0.00667  | 0.03400 | 0.196   | 0.852 |

S = 0.0679937 PRESS = 0.281444  
 R-Sq = 57.38% R-Sq(pred) = 0.00% R-Sq(adj) = 0.00%

Gambar 5. Uji Koefisien Determinasi Berganda pada CycleTime

### 3.4 Uji Koefisien Regresi Serentak

Berikut adalah uji koefisien regresi secara serentak pada respon *cycle time*:

$$F_{hitung} = \frac{MS_R}{MS_E} = \frac{0,95282}{0,03169} = 30,0669$$

Nilai F<sub>hitung</sub> yaitu 30,0669 sedangkan nilai F<sub>tabel</sub> adalah 3,48. Jadi nilai F<sub>hitung</sub> > F<sub>tabel</sub>, maka H<sub>0</sub> ditolak. Berarti terdapat variabel yang mempengaruhi *cycle time*, yaitu diantara variabel : *injection speed, injection pressure, dan holding pressure*.

Berikut adalah uji koefisien regresi secara serentak pada respon *netto*:

$$F_{hitung} = \frac{MS_R}{MS_E} = \frac{0,014301}{0,003215} = 4,448212$$

Nilai F<sub>hitung</sub> yaitu 4,448212 sedangkan nilai F<sub>tabel</sub> adalah 3,48. Jadi nilai F<sub>hitung</sub> > F<sub>tabel</sub>, maka H<sub>0</sub> ditolak. Berarti variabel yang diteliti: *injection speed, injection pressure, dan holding pressure* mempengaruhi respon *netto*.

### 3.5 Uji Regresi Individu

Kriteria penerimaan bila Pvalue < α maka H<sub>0</sub> ditolak dan bila Pvalue > α maka H<sub>0</sub> diterima. Berikut adalah perhitungan nilai t yang dilakukan pada *cycle time*:

- $t_{constant}(b_0) = \frac{b_0}{SE(b_0)} = \frac{43,47}{0,22} = 197,5909$
- $t_{Injection\ Speed}(b_1) = \frac{b_1}{SE(b_1)} = \frac{-1,1242}{0,1347} = -8,3459$
- $t_{Injection\ Pressure}(b_2) = \frac{b_2}{SE(b_2)} = \frac{-0,0367}{0,1347} = -0,2724$
- $t_{Holding\ Pressure}(b_3) = \frac{b_3}{SE(b_3)} = \frac{0,0742}{0,1347} = 0,5508$
- $t_{IS*IP}(b_4) = \frac{b_4}{SE(b_4)} = \frac{-0,0225}{0,1905} = -0,1181$
- $t_{IS*HP}(b_5) = \frac{b_5}{SE(b_5)} = \frac{-0,1575}{0,1905} = -0,8267$
- $t_{IP*HP}(b_6) = \frac{b_6}{SE(b_6)} = \frac{0,0892}{0,1905} = 0,4682$

Berdasarkan jumlah derajat kebebasan dan besar α, nilai t<sub>tabel</sub> adalah 1,81246. Dari perhitungan di atas H<sub>0</sub> diterima, nilai  $t_{hitung}$  Injection Speed lebih besar dari nilai t<sub>tabel</sub>. Dengan demikian maka secara individual, Injection Speed mempunyai pengaruh terhadap *cycle time*.

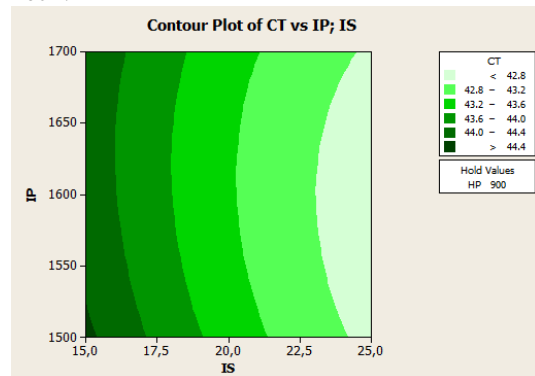
Berikut adalah perhitungan nilai t yang dilakukan pada *netto*:

- $t_{constant}(b_0) = \frac{b_0}{SE(b_0)} = \frac{4,70778}{0,03926} = 119,9128$
- $t_{Injection\ Speed}(b_1) = \frac{b_1}{SE(b_1)} = \frac{0,00458}{0,02404} = 0,1905$
- $t_{Injection\ Pressure}(b_2) = \frac{b_2}{SE(b_2)} = \frac{0,00375}{0,02404} = 0,1559$
- $t_{Holding\ Pressure}(b_3) = \frac{b_3}{SE(b_3)} = \frac{-0,03750}{0,02404} = -1,559$
- $t_{IS*IP}(b_4) = \frac{b_4}{SE(b_4)} = \frac{-0,00583}{0,034} = -0,1714$
- $t_{IS*HP}(b_5) = \frac{b_5}{SE(b_5)} = \frac{0,0133}{0,034} = 0,391$
- $t_{IP*HP}(b_6) = \frac{b_6}{SE(b_6)} = \frac{0,00667}{0,034} = 0,1961$

Berdasarkan jumlah derajat kebebasan dan besar α, nilai t<sub>tabel</sub> adalah 1,81246. Dari perhitungan di atas maka H<sub>0</sub> ditolak, nilai  $t_{hitung}$  tidak lebih besar dari nilai t<sub>tabel</sub>. Dengan demikian maka secara individual, parameter tidak mempengaruhi *netto*.

### 3.6 Contour dan Surface Plot

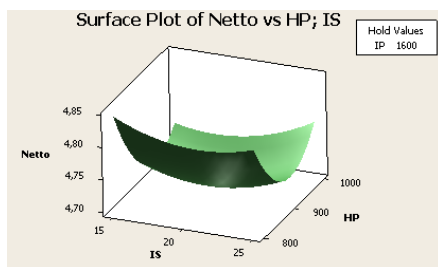
Gambar 6 menunjukkan bahwa ketika *holding pressure* berada pada 900 bar/kN, semakin besar nilai *injection speed* maka akan menghasilkan nilai respon *cycle time* yang semakin kecil. Sedangkan apabila nilai *injection pressure* semakin besar, maka akan menghasilkan nilai *cycle time* yang semakin kecil.



Gambar 6. Contour Plot antara Injection Speed dan Injection Pressure pada Respon Cycle Time

Gambar 7 menunjukkan bahwa ketika *injection pressure* berada pada 1600 bar/kN, apabila *injection speed* berada pada kisaran 22,5 mm/s – 25 mm/s dan nilai *holding pressure* berada pada kisaran 800 bar/kN – 900 bar/kN, maka semakin besar nilai *holding pressure* akan menghasilkan nilai *netto* yang semakin besar

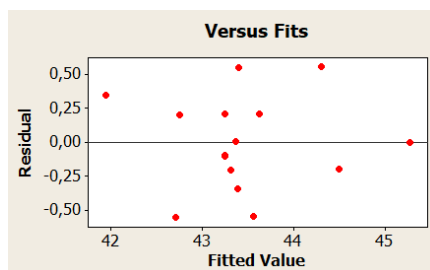
kecil. Apabila *injection speed* berada pada kisaran 15 mm/s – 25 mm/s dan nilai *holding pressure* berada pada kisaran 800 bar/kN – 880 bar/kN, maka semakin besar nilai *holding pressure* akan menghasilkan nilai *netto* yang semakin kecil. Nilai *netto* yang optimal didapat dengan mengkombinasikan nilai *injection speed* pada kisaran 15 mm/s – 22,5 mm/s dan nilai *holding pressure* berada pada kisaran 880 bar/kN – 980 bar/kN.



Gambar 7. Surface Plot antara Injection Speed dan Holding Pressure pada Respon Netto

### 3.7 Uji Asumsi Identik

Uji Asumsi identik dapat diketahui dengan plot antara residual dengan  $\hat{y}$  estimasi. Apabila dalam plot tersebut tidak menunjukkan kecenderungan naik atau turun (nilai residual menyebar secara acak) maka dapat dikatakan bahwa residual bersifat identik. Seperti pada Gambar 8 berikut :

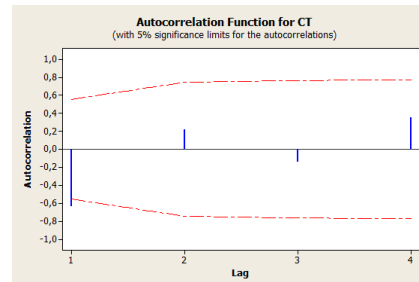


Gambar 8. Perhitungan Uji Asumsi Identik

Dari Gambar 8 dapat dijelaskan bahwa nilai residual menyebar secara acak tidak cenderung naik atau turun sehingga residual bersifat identik.

### 3.8 Uji Asumsi Independen

Uji independen dilakukan untuk mengetahui ada atau tidaknya ketergantungan diantara residual yang ada. Bila ada, maka plot residual dengan  $\hat{y}$  estimasi akan menunjukkan penyebaran yang tidak merata. Hasil pengujian independen bila tidak terdapat lag yang keluar dari batas signifikan menunjukkan bahwa asumsi independen terpenuhi.



Gambar 9. Perhitungan Uji Asumsi Independen

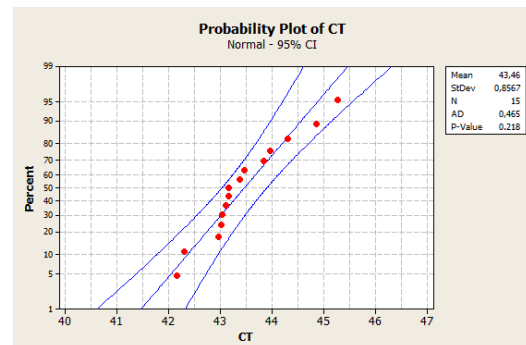
Pada Gambar 9 tidak merupakan hasil uji independen dari 3 variabel yang diteliti. Di mana terdapat garis biru yang merupakan lag, dan garis merah merupakan batas signifikan. Terdapat lag yang melewati batas signifikansi, sehingga asumsi independen pada *netto* memenuhi.

### 3.9 Uji Distribusi Normal

Pengujian residual distribusi normal pada penelitian ini menggunakan uji *kolmogorov-smirnov*, dengan hipotesisnya adalah sebagai berikut.

- $H_0$  : Residual berdistribusi normal
- $H_1$  : Residual tidak berdistribusi normal

Taraf signifikansi ( $\alpha$ ) yang dipakai adalah 0,05. Hasil Uji distribusi dapat dilihat pada berikut:

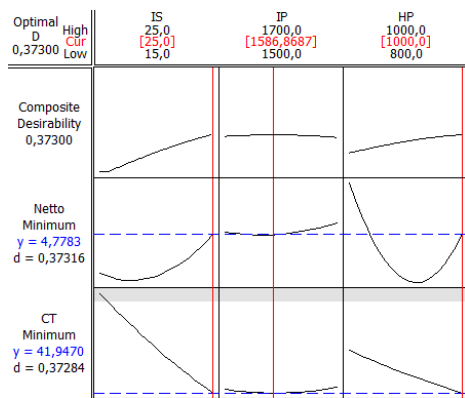


Gambar 10. Grafik Distribusi Normal

Gambar 10 dapat dilihat bahwa pengujian *Kolmogorov-smirnov* menghasilkan  $P_{value}$  sebesar  $>0,150$ . Nilai  $P_{value}$  lebih besar dari nilai  $\alpha$  sehingga  $H_0$  ditolak. Maka berarti maka residual pada *netto* berdistribusi normal.

### 3.10 Optimasi Respon

Setelah dilakukan proses analisa pada langkah sebelumnya, maka penelitian ini lanjut ke tahap optimasi. Berikut adalah optimasi nilai parameter untuk mendapatkan produk yang optimal:



Gambar 11. Perhitungan Optimasi Parameter

Langkah yang selanjutnya dilakukan setelah mendapatkan titik optimum yaitu melakukan perhitungan untuk memperoleh persamaan nilai optimum dengan menggunakan persamaan model sebagai berikut:

$$Y_{respon} = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{23}X_2X_3$$

Berikut adalah perhitungan untuk mencari nilai *cycle time* yang optimal:

$$Y_{cycle\ time} = 21.3865 + (1,1219)(25) + (-3,32 \times 10^{-3})(1586,86) + (3,32 \times 10^{-3})(1000) + (1,219 \times 10^{-4})(25)(1586,86) + (-0,00164)(25)(1000) + (5,749 \times 10^{-07})(1586,86)(1000) = 41,91\ detik$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka besar nilai *cycle time* yang optimal adalah sebesar 41,91 detik.

Setelah didapat nilai optimal *cycle time*, selanjutnya adalah menghitung nilai *netto* yang optimal. Berikut adalah perhitungan untuk mencari nilai *cycle time* yang optimal:

$$Y_{netto} = (6,08538) + (-0,004416)(25) + (-0,00033)(1586,86) + (-0,00197)(1000) + (-1,2 \times 10^{-5})(25)(1586,86) + (2,67 \times 10^{-5})(25)(1000) + (6,67 \times 10^{-7})(1586,86)(1000) = 4,739\ gram$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka besar nilai *netto* yang optimal adalah sebesar 4,739 gram.

#### 4. KESIMPULAN

- Ketiga parameter yang diteliti: *injection speed*, *injection pressure*, dan *holding pressure* baik secara serentak maupun secara individual mempengaruhi respon *cycle time*, dari hasil pengujian koefisien parameter yang mempunyai pengaruh kuat terhadap respon *cycle time* adalah *injection speed* dengan nilai persen kontribusi sebesar 53,96%.
- Ketiga parameter yang diteliti: *injection speed*, *injection pressure*, dan *holding pressure* pengujian secara serentak

mempengaruhi respon *netto*. Namun pengujian secara individu, dari ketiga parameter tersebut tidak mempengaruhi respon *netto*.

- Konfigurasi parameter untuk mendapat produk yang optimal adalah *injection speed* sebesar 25 mm/s, *injection pressure* sebesar 1586,8687 bar/kN, dan *holding pressure* sebesar 1000 bar/kN.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada Ibu Dra. Endang Pudji Purwanti, M.T. dan Bapak Bayu Wiro Karuniawan, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang meluangkan waktu, tenaga, dan pikirannya untuk membantu penulis menyelesaikan penulisan Tugas Akhir hingga pada akhirnya dapat dipublikasikan.

#### 7. PUSTAKA

- [1] Abdurokhman, M., (2012). Analisis Konsumsi Energi pada Proses Injection Moulding untuk Efisiensi Energi. Depok, Fakultas Teknik UI.
- [2] Harahap, Y. M., (2013). Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Permintaan Air Minum pada Perusahaan Daerah Air Minum (Pdam) Tirtanadi Medan. *Saintia Matematika Vol. 1, No. 4*, p. 325–336.
- [3] Melati, N. S., (2012). Aplikasi Response Surface Methodology (RSM) dalam Optimasi Parameter Proses pada Mie Instan Indomie PT. Indofood CBP Sukses Makmur Tbk. Divisi Noodle Cabang Jakarta. Bogor, Takultas Teknologi Pertanian IPB.
- [4] Purwanti, E. P. & Pilarian, F., (2013). Optimasi Parameter Proses Pemoangan Stainless Steel Sus 304 Untuk Kekasaran Permukaan Dengan Metode Response Surface. Universitas Negeri Yogyakarta.

