

**LAPORAN
BANTUAN PENELITIAN DOSEN
POLITEKNIK ATK YOGYAKARTA
TAHUN ANGGARAN 2021**



**JUDUL PENELITIAN
PENENTUAN SETTING PARAMETER PEMBUATAN PRODUK JERIGEN 5 L
PADA PROSES BLOW MOULDING DENGAN MENGGUNAKAN RESPONSE
SURFACE METHODOLOGY**

Tim Peneliti

Ketua	: Mario Sariski Dwi Elianto, ST. MT.	198712062020121001
Anggota	: Muhammad Ikhwan, A.Md.T.K.	199011092019011001
	Erlita Pramitaningrum, M.Sc.	199105022020122002

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PENGOLAHAN KARET & PLASTIK
POLITEKNIK ATK YOGYAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI
2021**

HALAMAN PENGESAHAN
LAPORAN BANTUAN PENELITIAN DOSEN
POLITEKNIK ATK YOGYAKARTA 2021

JUDUL:
PENENTUAN SETTING PARAMETER PEMBUATAN PRODUK JERIGEN 5 L
PADA PROSES BLOW MOULDING DENGAN MENGGUNAKAN RESPONSE
SURFACE METHODOLOGY

Disusun Oleh:

Ketua	: Mario Sariski Dwi Ellianto, ST. MT.	198712062020121001
Anggota	: Muhammad Ikhwan, A.Md.T.K.	199011092019011001
	Erlita Pramitaningrum, M.Sc.	199105022020122002

Sebagai laporan pengajuan
Bantuan Penelitian Politeknik ATK Yogyakarta 2021

Mengesahkan,

Kepala Unit Penelitian dan Pengabdian
kepada Masyarakat

Dr. Entien Darmawati, M.Si., Apt.
NIP. 195810161985032001

Ketua Tim Peneliti



Mario Sariski Dwi Ellianto, ST. MT.
NIP. 198712062020121001

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
Daftar Isi	iii
Daftar Tabel	iv
Daftar Gambar	v
Abstrak	vi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	2
1.3 Rumusan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Blow Molding	3
2.2 Parameter Proses Blow Molding	4
2.3 Metode Respon Permukaan	5
2.4 Optimasi Respon	9
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Metode Penelitian	10
3.2 Jadwal Penelitian	12
3.3 Rekapitulasi Anggaran Penelitian	13
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Data Percobaan	14
4.2 Pengujian Kesesuaian Model	14
4.2.1 Pengujian Koefisien Regresi	15
4.3 Pembentukan Model untuk <i>Cycle Time</i>	16
4.4 Pembentukan Model untuk Netto	18
4.5 Optimasi Respon	20
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	23
5.2 Saran	23
DAFTAR PUSTAKA	24

DAFTAR TABEL

2.1 Tabel CCD (<i>Central Composites Design</i>)	6
2.2 Rancangan Percobaan <i>Box-Behnken Design</i> dengan $k=3$	6
3.1 Variabel Faktor dan Level Variabel.....	11
3.2 Jadwal Penelitian	12
3.3 Rekapitulasi Anggaran Penelitian	13
4.1 Data Hasil Percobaan	14
4.2 Nilai Koefisien Determinasi dan <i>Lack of Fit</i>	15
4.3 P-value Hasil <i>Analysis of Variance</i>	16
4.4 Nilai Estimasi Koefisien Regresi Untuk <i>Cycle Time</i>	16
4.5 Koefisien Penduga <i>Cycle Time</i>	17
4.6 <i>Analysis of Variance</i> Untuk <i>Cycle Time</i>	18
4.7 Koefisien Penduga <i>Netto</i>	19
4.8 <i>Analysis of Variance</i> Untuk <i>Netto</i>	20
4.9 Batasan Optimasi Respon Pada Fungsi <i>Desirability</i>	21
4.10 Hasil Optimasi dengan Fungsi <i>Desirability</i>	21

DAFTAR GAMBAR

2.1 Proses Dasar Pada <i>Blow Molding</i>	3
3.1 Diagram Alir Penelitian	10
4.1 Plot Hasil Optimasi.....	22

ABSTRAK

Blow molding merupakan salah satu proses pembentukan plastik dengan meniupkan udara bertekanan tinggi ke dalam cetakan untuk membentuk plastik sesuai profil cetakan. Produk jerigen dengan ukuran 5 liter merupakan salah satu produk dari mesin blow molding yang dimiliki oleh Politeknik ATK Yogyakarta. Dalam proses pembuatan produk jerigen 5 liter masih belum memiliki standar operasional prosedur dalam pengoperasian mesin dan memperoleh output produk yang sesuai standar. Tahap pengolahan data menggunakan metode *response surface* dengan tujuan mempermudah mendapatkan nilai optimal dari parameter yang berpengaruh. Penelitian dilakukan dengan bervariasi *blowing pressure*, *blowing time*, dan *idle time* yang bertujuan untuk mendapatkan setting parameter dan waktu siklus yang optimal pada proses pembuatan produk jerigen 5 liter. Rancangan penelitian mengkombinasikan tiga variabel faktor yaitu *blowing pressure* 5, 6, dan 7 bar, *blowing time* 21, 22, dan 23 detik, dan *idle time* 7, 8, dan 9 detik dengan variabel respon yaitu *Cycle Time* dan *Netto*. Optimalisasi nilai *Cycle Time* dan *Netto* dicari oleh *Response Surface Methodology*. Dengan metode tersebut didapatkan kondisi *Cycle Time* optimum sebesar 37,7623 detik dan *Netto* sebesar 0,2617 gram dengan kondisi optimum dicapai saat *blowing pressure* sebesar 5 bar, *blowing time* sebesar 22,2727 detik dan *idle time* sebesar 9 detik.

Kata Kunci: *Blow Moulding, Response Surface Methodology*

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi pengolahan plastik banyak melibatkan proses produksi yang sama seperti pada proses produksi material logam. Produk plastik dapat diproduksi melalui proses-proses tertentu sesuai dengan kebutuhannya. Plastik dapat dicetak, dibentuk serta diproses pemesian. Macam-macam proses pembentukan plastik dapat diklasifikasikan antara lain: *injection molding* (injeksi), *extrusion* (aliran), *blow molding* (cetakan tiup) dan lain-lain (Mawardi et al., 2015).

Blow molding dikenal sebagai metode pengolahan plastik terbesar ketiga di dunia untuk pembuatan berbagai macam produk plastik. Blow molding adalah salah satu dari teknik blow molding yang paling populer digunakan dalam industri plastik. Tujuan dari pencetakan blow molding adalah untuk menghasilkan produk dengan karakteristik kualitas terbaik dari segi tampilan, dimensi, finishing akhir, mekanis dan sifat fisik (Kamaruddin et al., 2016). *Blow moulding* merupakan suatu metode mencetak benda kerja berongga dengan cara meniupkan udara kedalam material di dalam cetakan yang terdiri dari dua belahan *mould* yang tidak menggunakan inti (*core*) sebagai pembentuk rongga tersebut (Amirullah & Yudistiro, 2019).

Blow molding machine adalah sebuah mesin yang memiliki prinsip kerja mencetak parison dengan cara ditiup. Parison yang telah dipanaskan dan kemudian dimasukkan ke sebuah cetakan (*mold cavity*) lalu diinjeksi dengan tekanan udara tertentu sehingga parison dapat mengembang dan membentuk sebuah profil atau produk yang diinginkan (Harper, 2006).

Politeknik ATK Yogyakarta memiliki workshop plastic yang berisi mesin injection molding dan blow molding. Pada pengoperasian mesin blow molding masih mempunyai permasalahan setting parameter dalam pembuatan sebuah produk sehingga banyak menghasilkan defect flashing. Mesin blow molding tersebut juga belum memiliki waktu siklus produksi yang optimal.

Pada permasalahan tersebut di atas perlu dilakukan penelitian sehingga hasil akhir yang diharapkan adalah produk yang sesuai standar dengan memperoleh setting parameter dan waktu siklus yang optimal. Penelitian ini menggunakan desain eksperimen dengan metode *response surface* untuk mengoptimalkan variable produk jerigen 5 liter secara kualitas dan kuantitas. Penelitian dilakukan dengan bervariasi *blowing pressure*, *blowing time*, dan *idle time* yang bertujuan untuk

mendapatkan setting parameter dan waktu siklus yang optimal pada proses pembuatan produk jerigen 5 liter.

Metode response surface adalah kumpulan teknik matematika dan statistik yang berguna untuk pemodelan dan analisis masalah dimana respons yang diminati dipengaruhi oleh beberapa variabel. Keuntungan utama metode response surface adalah berkurangnya jumlah percobaan eksperimental yang diperlukan untuk mengevaluasi parameter kelipatan dan interaksinya (Kasim et al., 2013). Dengan menerapkan metode response surface, model matematika akan dikembangkan. Model matematis akan membantu untuk mempelajari pengaruh langsung dan interaksi masing-masing parameter terhadap respon (Amran et al., 2014).

1.2 Identifikasi Masalah

Permasalahan yang dihadapi adalah masih belum terdapat setting parameter dan waktu siklus (*cycle time*) yang optimal pada percobaan pembuatan produk jerigen 5 liter. Hasil percobaan pada mesin blow molding juga masih banyak menghasilkan defect produk yaitu defect flashing.

1.3 Rumusan masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana menentukan setting parameter (*blowing pressure, blowing time, dan idle time*) yang optimal pada proses pembuatan produk jerigen 5 liter.
2. Bagaimana mendapatkan optimasi waktu siklus (*cycle time*) pada proses pembuatan produk jerigen 5 liter.

1.4 Tujuan penelitian

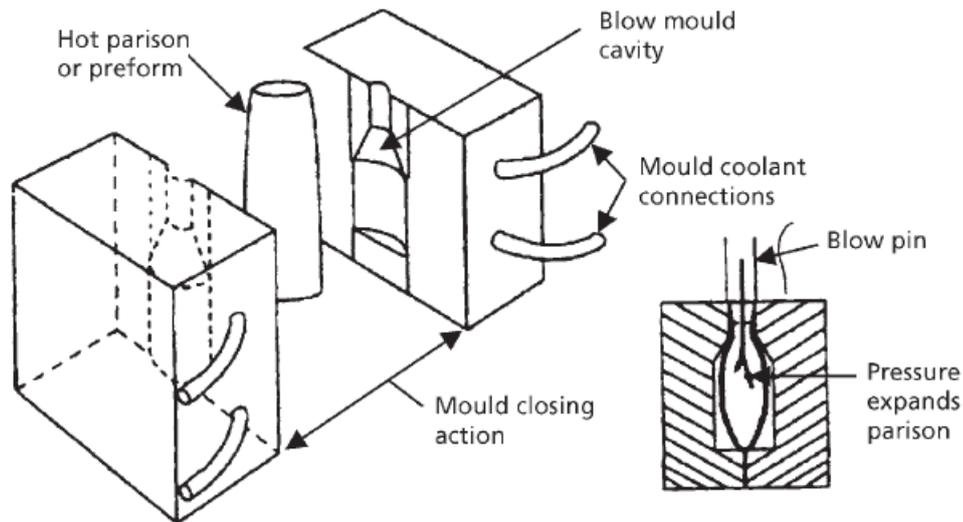
Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Menentukan setting parameter (*blowing pressure, blowing time, dan idle time*) yang optimal pada proses pembuatan produk jerigen 5 liter.
2. Menentukan optimasi waktu siklus (*cycle time*) pada proses pembuatan produk jerigen 5 liter.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Blow Molding

Blow moulding adalah suatu proses manufaktur untuk pembuatan benda kerja berongga dari bahan termoplastik dengan cara mengembungkan *preform* atau parison *thermoplastics* panas di dalam cetakan yang tertutup (Lee, 2006).



Gambar 2.1 Proses Dasar pada *Blow Molding*

Menurut (Lee, 2006) langkah-langkah umum dalam proses *blow molding* adalah sebagai berikut:

1. Pelelehan bijih plastik dilakukan oleh *extruder* yang merupakan bagian dari mesin *blow molding*. Peralatan yang digunakan ekstruder adalah pemanas (*heater*) dan sekrup penekan (*screw*).
2. Pembentukan lelehan plastik dalam bentuk tabung. Bentuk tabung tersebut pada umumnya disebut parison. Parison dibentuk dengan dua metode, yang paling mendasar pada proses *blow molding* adalah *extrusion blow molding* dan *injection blow molding*. Pada *extrusion blow molding* digunakan *extrusion die* untuk membentuk parison. Pembentukan parison dapat dilakukan secara kontinu maupun bertahap. Metode akhir penutupan yang umum adalah melakukan penangkapan parison dengan cara penutupan kedua bagian cetakan.
3. Setelah pembentukan parison, parison kemudian berada di dalam cetakan dan ditiup sehingga plastik mengembang dan menekan dinding *cavity*. Peniupan

dilakukan melalui *blow pin* yang dimasukkan melalui mulut botol. Proses peniupan parison dapat dilihat pada gambar 2.1.

2.2 Parameter Proses Blow Molding

Parameter-parameter suatu proses mempunyai peran kecil dan signifikan dalam hasil produksi yang diinginkan. Biasanya perlu dilakukan beberapa kali percobaan hingga ditemukan parameter-parameter yang cukup berpengaruh terhadap produk akhir.

Parameter-parameter yang berpengaruh terhadap proses produksi plastik melalui metode blow molding adalah :

a. Temperatur Leleh

Temperatur leleh sangat berpengaruh terhadap kualitas parison yang keluar maupun hasil produk yang diperoleh. Semakin tinggi titik leleh material maka semakin tipis ketebalan produk yang dihasilkan. Jika semakin rendah titik leleh material, maka semakin tebal produk yang dihasilkan.

b. RPM Extruder

RPM extruder yaitu kecepatan screw yang berputar untuk mendorong material leleh menuju die head. Pada blow molding, kecepatan extruder mempengaruhi panjang parison yang dihasilkan. Kecepatan extruder dapat diatur agar panjang parison sesuai dengan tinggi mold.

c. Blowing Pressure

Blowing pressure yaitu tekanan yang dibutuhkan untuk meniup parison pada cetakan. Udara berfungsi untuk mengembangkan parison panas sampai menyentuh dinding rongga cetakan. Jika blowing pressure terlalu rendah maka produk tidak akan terbentuk dengan sempurna dan dimensi tidak sesuai dengan standart perusahaan. Bila blowing pressure terlalu tinggi menyebabkan produk tidak sempurna dan akhirnya menjadi pecah karena kelebihan udara (Darsin et al., 2009).

d. Blowing Time

Blowing time yaitu waktu lamanya peniupan untuk mengembangkan parison. Besar kecilnya waktu peniupan yang digunakan dapat mempengaruhi proses pendinginan. Proses ini sangat berpengaruh terhadap pembentukan produk. Proses peniupan harus sesuai dengan kebutuhan karena semakin lama peniupan akan berakibat produk yang akan dicetak meletus karena kelebihan udara dan dimensi produk menjadi lebih

besar, begitu pula sebaliknya. Blowing time berpengaruh terhadap waktu siklus, semakin lama waktu peniupan semakin lama pula waktu siklus yang dibutuhkan, begitu pula sebaliknya (Ihsan, 2015).

e. Stop Time/Idle Time

Stop time/Idle time yaitu waktu proses jeda pada saat blow pin keluar sampai cetakan terbuka. Stop time/Idle time digunakan untuk mendinginkan produk pada saat setelah pembuangan udara sampai mold terbuka (Gibran & Kristianta, 2016).

f. Program Parison

Program parison yaitu program yang digunakan untuk mengatur ketebalan dinding parison yang dikeluarkan agar mendapatkan ketebalan produk yang diinginkan (Kutz, 2011).

2.3 Metode Respon Permukaan

Metode respon permukaan atau yang sering disingkat RSM (*Response Surface Methodology*) adalah teknik matematika dan statistika yang berguna untuk memodelkan dan menganalisis data dimana respon yang diteliti dipengaruhi oleh beberapa variabel dan bertujuan untuk mengoptimalkan respon (Guo et al., 2009). Kebanyakan dalam masalah RSM, eksperimen dilakukan dalam dua tahap, yaitu eksperimen orde I (model regresi linier berganda) yang merupakan tahap penyaringan faktor dan eksperimen orde II (model regresi kuadrat berganda) yaitu tahap optimasi. Dalam penggunaan metoda permukaan respon terdapat dua jenis desain yang dapat digunakan, yaitu (Montgomery, 2013).

1. *Central Composite Design*,

Merupakan *design* yang direkomendasikan untuk desain eksperimen yang sekuensial (*sequencial experiment*) atau perencanaan desain yang dilakukan secara berulang-ulang. Untuk desain dengan jumlah faktor yang sama, jumlah eksperimen yang dilaksanakan lebih banyak dibanding dengan *Box-Behken Design*.

Tabel 2.1 Tabel CCD (*Central Composite Design*)

	Jumlah Variabel, k				
	2	3	4	5	6
n_f (untuk 2^k atau 2^{k-p})	4	8	16	32	64
Banyaknya titik aksial = 2k	4	6	8	10	12

$\alpha = (n_f)1/4$	1414	1682	2000	2378	2828
Nc	Nc	Nc	nc	Nc	Nc
Total	8 + nc	14 + nc	24 + nc	42 + nc	76 + nc

2. Box-Behnken Design

Merupakan perencanaan desain yang digunakan untuk desain eksperimen yang tidak sekuensial yang hanya merencanakan untuk satu kali eksperimen. Untuk desain dengan jumlah faktor yang sama, jumlah eksperimen yang dilaksanakan lebih sedikit dibanding dengan *Central Composite Design*.

Tabel 2.2 Rancangan Percobaan *Box-Behnken Design* dengan $k = 3$

No	X ₁	X ₂	X ₃
1	-1	-1	0
2	1	-1	0
3	-1	1	0
4	1	1	0
5	-1	0	-1
6	1	0	-1
7	-1	0	1
8	1	0	1
9	0	-1	-1
10	0	1	-1
11	0	-1	1
12	0	0	1
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0

Tahap pertama dalam metode permukaan respon adalah mencari fungsi antara variabel respon dan variabel bebas yang tepat. Untuk mengetahui hubungan tersebut biasanya dibuat model regresi. Untuk memilih model yang paling sesuai biasanya diperiksa apakah model antar variabel adalah model linier (model orde satu) atau model polinomial. Secara umum bentuk persamaan regresi orde pertama dinyatakan sebagai berikut (Montgomery, 2013) :

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon \dots \dots \dots (1)$$

Dimana : Y = Variabel respon

β_0 = intesep

β_i = Koefisien parameter model
 X_i = Nilai koding variabel bebas
 ε = Residual dengan asumsi IIDN $(0, \sigma^2)$

Pendugaan untuk orde pertama adalah (Montgomery, 2013) :

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i \dots \dots \dots (2)$$

Dengan : Y = Nilai Pendugaan
 b_0 = konstanta
 b_i = taksiran parameter
 X_i = variabel bebas

Sedangkan untuk persamaan model orde kedua ditunjukkan oleh persamaan berikut (Montgomery, 2013) :

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i < j} \beta_{ij} X_i X_j + \varepsilon \dots \dots \dots (3)$$

Pendugaan untuk model orde kedua dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut (Montgomery, 2013) :

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k \beta_{ij} X_i X_j \dots \dots \dots (4)$$

Jika $k = 3$ penduga untuk model orde kedua menjadi (Montgomery, 2013) :

$$\begin{aligned}
 Y = & b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{33} X_3^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 \\
 & + \beta_{23} X_2 X_3 \dots \dots \dots (5)
 \end{aligned}$$

Dimana : X_1 = variabel bebas, $i = 1, 2, 3, \dots, k$
 b_0 = konstanta, b_i = koefisien parameter model, $i = 1, 2, 3, \dots, k$

2.3.1 Pengujian Model

a. Koefisien Korelasi (R)

Koefisien korelasi menunjukkan kedekatan hubungan antara nilai X (prediktor) dan nilai Y (respon). Semakin mendekati angka 1 atau -1 nilai koefisien korelasinya maka semakin besar pengaruh X terhadap Y . Koefisien korelasi dilambangkan dengan R dan nilainya terletak antara $-1 \leq R \leq 1$. Jika $R < 0$ atau negatif maka semakin nilai R mendekati angka -1 semakin besar

pula korelasinya. Artinya semakin besar nilai X menyebabkan nilai Y-nya semakin kecil. Sebaliknya jika nilai $R \leq 1$ atau positif maka semakin nilai R mendekati angka 1 maka korelasinya semakin besar atau semakin besar X menyebabkan semakin besar pula nilai Y.

b. Koefisien Determinasi (R^2)

Koefisien determinasi (R^2) adalah suatu nilai statistik yang dapat digunakan untuk mengetahui apakah ada hubungan pengaruh antara dua variabel (variabel X dan Y). Nilai koefisien determinasi menunjukkan prosentase total variasi nilai variabel dependen (Y) yang dapat dijelaskan oleh persamaan regresi yang dihasilkan. Koefisien determinasi nilainya terletak antara $0 < R^2 < 1$. Semakin besar nilai R^2 maka semakin besar pula pengaruh semua variabel X terhadap variabel Y. Untuk mendapatkan model yang baik maka nilai R^2 diharapkan mendekati 1.

c. Pengujian Adanya Penyimpangan (*Uji Lack of Fit*)

Dalam menentukan ketepatan model diperlukan uji *lack of fit*. Tujuan pengujian *lack of fit* adalah untuk mengetahui kesesuaian model yang dihasilkan. Uji ini menggunakan *mean square lack of fit* dan *mean square pure error* dengan nilai distribusi F.

Hipotesisnya:

H_0 = tidak ada *lack of fit* dalam model

H_1 = ada *lack of fit* dalam model

Uji statistic yang digunakan adalah (Montgomery, 2013) :

$$F_{rasio} = \frac{MS_{LOF}}{MS_{PE}} \dots \dots \dots (6)$$

Tolak H_0 apabila $F_{rasio} > F_{(\alpha; n-k-1-n_e; n_e)}$ yang berarti ada ketidaksesuaian (*lack of fit*) antara model yang diduga dengan model sebenarnya.

d. Pengujian Parameter Serentak

Hipotesis yang digunakan dalam pengujian parameter regresi secara serentak adalah sebagai berikut (Montgomery, 2013) :

$H_0; \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$

$H_1; minimal\ ada\ satu\ \beta_j \neq 0; j = 1, 2, \dots, k$

Uji statistik yang digunakan (Montgomery, 2013) :

$$F_{hitung} = \frac{MS_R}{MS_E} = \frac{SS_R/k}{SS_E/(N - 1 - k)} \dots \dots \dots (7)$$

Daerah penolakan yaitu tolak H_0 pada tingkat signifikansi α apabila $F_{hitung} > F_{(\alpha; k; n-1-k)}$ yang berarti secara statistik variabel-variabel bebas terhadap terjadinya perubahan pada variabel respon Y dalam model.

Hipotesisnya adalah sebagai berikut:

$$H_0; \beta_i = 0$$

$$H_1; \beta_i \neq 0$$

Statistik uji :

$$t = \frac{b_i}{s(b_i)} \text{ dengan } b_i \text{ adalah taksiran } \beta_i \text{ dan } s(b_i) = \sqrt{\frac{\alpha^2}{\sum_{i=1}^n (X_i - X)^2}}$$

Penolakan hipotesis dilakukan jika $|t_{hit}| > t_{n-k-1; \alpha/2}$

2.4 Optimasi Respon

Optimasi merupakan usaha di dalam penelitian untuk mendapatkan level-level variabel bebas agar mendapatkan respon yang optimal. Pendekatan fungsi *desirability* merupakan salah satu metode yang digunakan untuk optimasi multi-respon. Adapun persamaannya adalah (Montgomery, 2013) :

$$D = \left(d_1(y_1) d_2(y_2) \dots d_p(y_p) \right)^{\frac{1}{p}} \dots \dots \dots (8)$$

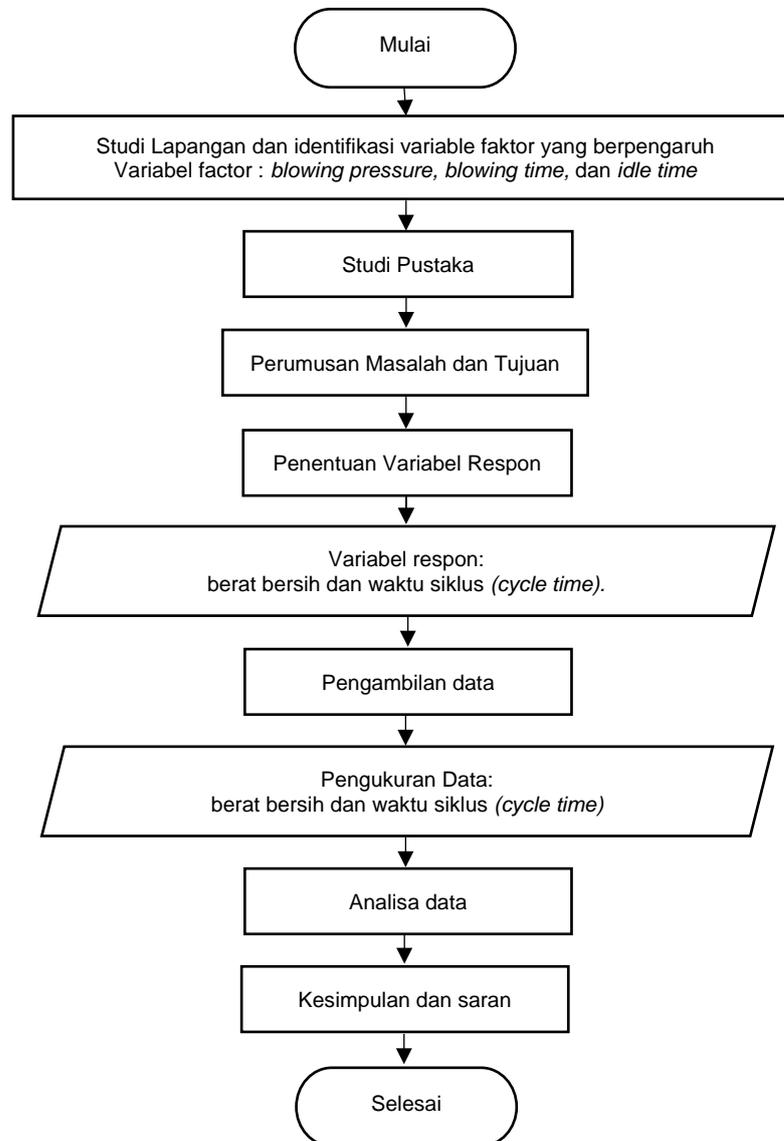
- dimana :
- D = *desirability* total
 - d_p = fungsi *desirability* masing-masing
 - p = jumlah *output* yang diinginkan
 - y = *transfer function* masing-masing

Metoda *desirability* memiliki empat cara untuk menyelesaikan optimasi respon dan masing-masing cara hanya cocok untuk kasus tertentu, yaitu (Montgomery, 2013) :

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Tahapan penelitian dijabarkan melalui diagram alir penelitian pada gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Penetapan variabel faktor dan level variabel yang digunakan serta variabel respon terdapat banyak variabel-variabel yang berpengaruh terhadap proses *blow molding* di Politeknik ATK Yogyakarta. Variabel-variabel yang digunakan meliputi:

1. Variabel faktor merupakan variabel yang besarnya dapat ditentukan dan dikendalikan atas dasar pertimbangan tertentu atau untuk tujuan dari penelitian itu sendiri. Terdapat banyak variabel yang dapat dikendalikan dalam proses *blow molding*, akan tetapi dalam penelitian ini variabel faktor yang dipilih adalah *blowing pressure*, *blowing time*, dan *idle time*.
2. Variabel respon merupakan salah satu karakteristik kualitas dari produk jerigen 5 liter yang dipilih untuk diamati. Variabel respon yang dipilih adalah berat bersih dan waktu siklus (*cycle time*).
3. Penentuan level pada tahap awal ini bertujuan untuk memperoleh Batasan dari variabel yang akan diamati. Level-level tersebut terdiri atas level bawah dengan kode -1, level menengah dengan kode 0, dan level atas dengan kode +1. Penentuan level variabel dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3.1 Variabel Faktor dan Level Variabel

Faktor	Level bawah	Level tengah	Level atas
Kode	-1	0	+1
<i>Blowing Pressure</i>	5 bar	6 bar	7 bar
<i>Blowing Time</i>	21 detik	22 detik	23 detik
<i>Idle Time</i>	7 detik	8 detik	9 detik

Analisis data

Langkah-langkah yang dilakukan untuk menganalisis data yaitu dengan melakukan pembentukan model pada variable berat bersih dan waktu siklus, disertai dengan pengujian kesesuaian model dan pengujian residual. Pembentukan model merupakan hasil data percobaan yang diolah menggunakan *software* Minitab 18. Kemudian akan dibentuk sebuah model persamaan yang diperoleh dari pengolahan data menggunakan minitab tersebut.

Langkah selanjutnya yaitu melakukan pengujian kesesuaian model terdiri dari tiga pengujian. Pengujian yang dilakukan yaitu uji *lack of fit*, uji parameter serentak dan uji R^2 . Langkah selanjutnya setelah pengujian kesesuaian model selesai, dilakukan pengujian residual. Pengujian residual terdiri dari 3 macam, yaitu uji identik, uji independen dan uji distribusi normal.

Langkah selanjutnya yaitu Optimasi Respon untuk mendapatkan hasil yang optimum dengan cara menggabungkan variasi pada parameter dengan fungsi *desirability*. Fungsi *desirability* adalah untuk menggabungkan persamaan model untuk mendapatkan respon yang diinginkan. Selain itu fungsi *desirability* dapat mencari nilai variasi pada parameter *blowing pressure*, *blowing time*, dan *idle time* agar mendapatkan berat bersih dan waktu siklus (*cycle time*) yang optimal.

3.2 Jadwal Penelitian

Tabel 3.2 Jadwal Penelitian

No	Nama Kegiatan	Bulan ke-							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Studi Lapangan								
2	Studi Pustaka								
3	Perumusan Masalah dan Tujuan								
4	Penentuan variable respon								
5	Proses Blow Molding								
6	Pengambilan Data								
7	Pengukuran Data								
8	Analisa Data								
9	Pembuatan Laporan								
10	Pembuatan Jurnal								

3.3 Rekapitulasi Anggaran Penelitian

Tabel 3.3 Rekapitulasi Anggaran Penelitian

No	Komponen	Jumlah	Satuan	Harga Satuan	Total Biaya
1	Bahan dan Alat				
a	Biji Plastik	25	kg	90.000	2.250.000
b	Sarung tangan	1	lusin	66.000	66.000
c	Timbangan digital	1	pcs	200.000	200.000
2	Biaya Lain-lain				
a	Publikasi	1	kali	1.000.000	1.000.000
b	Penjilidan dan copy	4	pcs	100.000	400.000
c	Kertas A4	3	rim	40.000	120.000
				Total	4.036.000

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Percobaan

Variabel proses pada percobaan ini adalah *blowing pressure*, *blowing time*, dan *idle time*. Ketiga variabel proses tersebut mempunyai pengaruh terhadap *cycle time* dan *netto*. Untuk membuktikan bahwa variabel tersebut berpengaruh terhadap *cycle time* dan *netto* maka dilakukan percobaan. Data hasil percobaan dapat dilihat pada Tabel.

Tabel 4.1 Data Hasil Percobaan

No	Parameter			Cycle Time (detik)	Netto (gram)
	Blowing Pressure (bar)	Blowing Time (detik)	Idle Time (detik)		
1	5	21	8	35,53	0,260
2	7	21	8	35,55	0,255
3	5	23	8	37,78	0,235
4	7	23	8	37,54	0,230
5	5	22	7	35,38	0,254
6	7	22	7	35,56	0,265
7	5	22	9	37,34	0,260
8	7	22	9	37,76	0,236
9	6	21	7	35,17	0,250
10	6	23	7	36,77	0,240
11	6	21	9	36,53	0,256
12	6	22	9	37,43	0,266
13	6	22	8	36,34	0,238
14	6	22	8	36,75	0,246
15	6	22	8	36,34	0,250

4.2 Pengujian Kesesuaian Model

Untuk mengetahui kesesuaian model maka perlu dilakukan pengujian sebagai berikut::

a. Uji koefisien determinasi (R^2)

Besarnya presentase dari R^2 menunjukkan besarnya variasi yang dapat dijelaskan oleh model. Nilai R^2 dari masing-masing faktor ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Nilai Koefisien Determinasi dan *Lack of Fit*

Keterangan	<i>Cycle Time</i>	<i>Netto</i>
R ²	97,91%	64,82%
<i>Plack of fit</i>	0,8	0,82

Besarnya persentase dari R² menunjukkan besarnya variasi yang dapat dijelaskan oleh model. Lebih dari 90% variasi dari model *Cycle Time* dan lebih dari 60% variasi dari model *Netto* dapat dijelaskan oleh persamaan, dan pengaruh faktor lain di luar model kurang dari 10% dan 40%. Pemodelan untuk *Cycle Time* dan *Netto* dapat memenuhi uji koefisien determinasi.

b. Uji *lack of fit*

Dalam menentukan ketepatan model maka diperlukan uji *lack of fit*. Hipotesis yang digunakan pada uji *lack of fit* ini adalah sebagai berikut:

H₀ = Tidak ada *lack of fit* dalam model

H₁ = Ada *lack of fit* dalam model

Daerah penolakan pada uji *lack of fit* ini adalah hipotesis awal (H₀) akan ditolak apabila *p-value* kurang dari α , sebaliknya hipotesis awal akan gagal jika *p-value* melebihi α . Pada tabel 4.2 dapat dilihat bahwa nilai *Plack of fit Cycle Time* adalah 0,8 dan nilai *Plack of fit Netto* adalah 0,82. Dengan melakukan pengujian pada $\alpha = 0,05$, maka didapatkan bahwa H₀ diterima atau tidak ada *lack of fit*. Karena tidak ada *lack of fit*, maka model yang diperoleh telah sesuai.

4.2.1 Pengujian Koefisien Regresi

Koefisien regresi dapat diuji secara serentak atau individu dengan menggunakan ANOVA.

a. Pengujian koefisien regresi secara serentak

Pengujian koefisien regresi secara serentak dilakukan untuk mengetahui signifikansi parameter model regresi secara bersama-sama menggunakan analisis ANOVA dengan hipotesis sebagai berikut:

H₀: 1 = 2 = = k = 0

H₁: minimal ada satu $j \neq 0$; $j = 1, 2, \dots, k$

Tabel 4.3 *P-value* Hasil *Analysis of Variance*

Keterangan	<i>Cycle Time</i>	<i>Netto</i>
<i>Linear</i>	0	0,320
<i>Square</i>	0,225	0,507

Pengujian koefisien regresi secara serentak dilakukan analisis terhadap *p-value*. Terdapat dua regresi yang harus diperiksa, yaitu *linear* dan *square*. Nilai *p-value* untuk regresi *square* *netto menunjukkan* lebih besar dari α , maka hipotesis nol diterima, dan hal ini menunjukkan bahwa interaksi antara ketiga faktor tersebut tidak signifikan atau tidak berpengaruh terhadap respon

b. Pengujian koefisien regresi secara individu

Pengujian koefisiensi secara individu digunakan untuk mengetahui variable respon yang mana yang berpengaruh terhadap model regresi. Pengujian koefisien regresi secara individu menggunakan hipotesis berikut:

$$H_0: \beta_i = 0$$

$$H_1: \beta_i \neq 0, j=1,2,\dots,p$$

Nilai estimasi koefisien regresi untuk *Cycle Time* ditunjukkan pada Tabel 4.4. Pada Tabel 4.4, BP, interaksi (BP*BP), interaksi (BT*BT), interaksi (IT*IT), interaksi (BP*BT), interaksi (BP*IT), interaksi (BT*IT) memiliki nilai P lebih besar dari 0,05 sehingga H_0 diterima untuk interaksi tersebut, sehingga dapat disimpulkan bahwa variable-variabel tersebut tidak berpengaruh signifikan terhadap respon.

Tabel 4.4 Nilai Estimasi Koefisien Regresi Untuk *Cycle Time*

Coded Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	36,451	0,125	291,73	0,000	
BP	0,0475	0,0785	0,60	0,572	1,00
BT	1,0654	0,0937	11,37	0,000	1,23
IT	0,9758	0,0859	11,36	0,000	1,20
BP*BP	-0,121	0,119	-1,01	0,358	1,08
BT*BT	0,290	0,128	2,26	0,073	1,24
IT*IT	0,161	0,122	1,32	0,245	1,13
BP*BT	-0,065	0,111	-0,59	0,584	1,00
BP*IT	0,060	0,111	0,54	0,612	1,00
BT*IT	0,271	0,151	1,79	0,133	1,36

4.3 Pembentukan Model untuk *Cycle Time*

Pengolahan data menggunakan minitab menghasilkan sebuah nilai koefisien penduga. Nilai koefisien penduga tersebut kemudian dimasukkan ke dalam persamaan penduga untuk model orde kedua. Nilai koefisien penduga model regresi *Cycle Time* dapat dilihat pada table 4.5 di bawah ini.

Tabel 4.5 Koefisien Penduga *Cycle Time*

Coded Coefficients					
Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	36,451	0,125	291,73	0,000	
BP	0,0475	0,0785	0,60	0,572	1,00
BT	1,0654	0,0937	11,37	0,000	1,23
IT	0,9758	0,0859	11,36	0,000	1,20
BP*BP	-0,121	0,119	-1,01	0,358	1,08
BT*BT	0,290	0,128	2,26	0,073	1,24
IT*IT	0,161	0,122	1,32	0,245	1,13
BP*BT	-0,065	0,111	-0,59	0,584	1,00
BP*IT	0,060	0,111	0,54	0,612	1,00
BT*IT	0,271	0,151	1,79	0,133	1,36

Tabel 4.5 di atas menunjukkan hasil taksiran parameter model untuk *Cycle Time*. Berdasarkan tabel 4.5 kemudian dibuat model persamaan *Cycle Time* penduga model orde kedua. Persamaan penduga untuk model orde kedua adalah:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{33} X_3^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3$$

Dimana:

X_i = variabel bebas, $i = 1, 2, 3, \dots, k$

β_0 = konstanta

β_1 = koefisien parameter model

Dari persamaan di atas dihasilkan model persamaan *Cycle Time* berdasarkan Tabel 4.5 adalah sebagai berikut:

$$Y_{CT} = 36,451 + 0,0475 X_1 + 1,0654 X_2 + 0,9758 X_3 - 0,121 X_1^2 + 0,290 X_2^2 + 0,161 X_3^2 - 0,065 X_1 X_2 + 0,060 X_1 X_3 + 0,271 X_2 X_3$$

Dimana :

\hat{Y}_{CT} = taksiran *cycle time*

X_1 = variabel *blowing pressure*

X_2 = variabel *blowing time*

X_3 = variabel *idle time*

X_1^2 = variabel kuadratik *blowing pressure*

X_2^2 = variabel kuadratik *blowing time*

X_3^2 = variabel kuadratik *idle time*

Untuk memeriksa kesesuaian model, Tabel 4.6 menunjukkan bahwa nilai F_{hitung} *lack of fit* adalah 0,80 yang berarti lebih kecil dari F_{tabel} , yaitu 3,89. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa model tidak mengandung *lack of fit* atau model yang diperoleh telah sesuai.

Tabel 4.6 *Analysis of Variance* untuk *Cycle Time*

Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	9	11,5644	1,28493	26,05	0,001
Linear	3	10,0787	3,35956	68,10	0,000
BP	1	0,0180	0,01805	0,37	0,572
BT	1	6,3764	6,37637	129,25	0,000
IT	1	6,3675	6,36753	129,07	0,000
Square	3	0,3036	0,10120	2,05	0,225
BP*BP	1	0,0506	0,05055	1,02	0,358
BT*BT	1	0,2524	0,25239	5,12	0,073
IT*IT	1	0,0857	0,08567	1,74	0,245
2-Way Interaction	3	0,1900	0,06332	1,28	0,376
BP*BT	1	0,0169	0,01690	0,34	0,584
BP*IT	1	0,0144	0,01440	0,29	0,612
BT*IT	1	0,1587	0,15867	3,22	0,133
Error	5	0,2467	0,04933		
Lack-of-Fit	3	0,1346	0,04487	0,80	0,597
Pure Error	2	0,1121	0,05603		
Total	14	11,8110			

4.4 Pembentukan Model untuk *Netto*

Pengolahan data menggunakan minitab menghasilkan sebuah nilai koefisien penduga. Nilai koefisien penduga tersebut kemudian dimasukkan ke dalam persamaan penduga untuk model orde kedua. Nilai koefisien penduga model regresi netto dapat dilihat pada table 4.7.

Tabel 4.7 Koefisien Penduga *Netto*

Coded Coefficients					
Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	0,24306	0,00714	34,05	0,000	
BP	-0,00287	0,00449	-0,64	0,550	1,00
BT	-0,01077	0,00535	-2,01	0,101	1,23
IT	-0,00134	0,00491	-0,27	0,795	1,20
BP*BP	0,00483	0,00682	0,71	0,510	1,08
BT*BT	-0,00495	0,00732	-0,68	0,529	1,24
IT*IT	0,00790	0,00697	1,13	0,308	1,13
BP*BT	0,00000	0,00634	0,00	1,000	1,00
BP*IT	-0,00875	0,00634	-1,38	0,226	1,00
BT*IT	-0,00403	0,00862	-0,47	0,660	1,36

Tabel 4.7 menunjukkan hasil taksiran parameter model untuk *netto*. Berdasarkan Tabel 4.7 kemudian dibuat model persamaan *netto* penduga model orde kedua. Persamaan penduga untuk model orde kedua adalah:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{33} X_3^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3$$

Dimana:

X_i = variabel bebas, $i = 1, 2, 3, \dots, k$

β_0 = konstanta

β_1 = koefisien parameter model

Dari persamaan di atas dihasilkan model persamaan *netto* berdasarkan Tabel 4.7 adalah sebagai berikut:

$$Y_{netto} = 0,24306 - 0,00287 X_1 - 0,01077 X_2 - 0,00134 X_3 + 0,00483 X_1^2 - 0,00495 X_2^2 + 0,00790 X_3^2 + 0,00000 X_1 X_2 - 0,00875 X_1 X_3 - 0,00403 X_2 X_3$$

Dimana :

\hat{Y}_{netto} = Netto

X_1 = variabel *blowing pressure*

X_2 = variabel *blowing time*

X_3 = variabel *idle time*

X_1^2 = variabel kuadratik *blowing pressure*

X_2^2 = variabel kuadratik *blowing time*

X_3^2 = variabel kuadratik *idle time*

Untuk memeriksa kesesuaian model, Tabel 4.8 menunjukkan bahwa F_{hitung} *lack of fit* adalah 0,82 yang berarti lebih kecil dari F_{tabel} yaitu 3,89. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa model tidak mengandung *lack of fit* atau model yang diperoleh telah sesuai

Tabel 4.8 *Analysis of Variance* untuk *Netto*

Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	9	0,001483	0,000165	1,02	0,519
Linear	3	0,000729	0,000243	1,51	0,320
BP	1	0,000066	0,000066	0,41	0,550
BT	1	0,000651	0,000651	4,04	0,101
IT	1	0,000012	0,000012	0,07	0,795
Square	3	0,000430	0,000143	0,89	0,507
BP*BP	1	0,000081	0,000081	0,50	0,510
BT*BT	1	0,000073	0,000073	0,46	0,529
IT*IT	1	0,000207	0,000207	1,29	0,308
2-Way Interaction	3	0,000341	0,000114	0,71	0,588
BP*BT	1	0,000000	0,000000	0,00	1,000
BP*IT	1	0,000306	0,000306	1,90	0,226
BT*IT	1	0,000035	0,000035	0,22	0,660
Error	5	0,000805	0,000161		
Lack-of-Fit	3	0,000444	0,000148	0,82	0,590
Pure Error	2	0,000361	0,000180		
Total	14	0,002288			

4.5 Optimasi Respon

Pada penelitian ini, optimasi bertujuan untuk mendekatkan nilai *Cycle Time* dan *Netto* pada nilai target. Fungsi *desirability* dipakai untuk mengoptimasi dengan memaksimalkan nilai *desirability* (D). Nilai D merupakan fungsi dari nilai *desirability* individu (d) yang dipengaruhi nilai taksiran respon. Karena nilai d berbanding lurus dengan nilai D, maka harus memaksimalkan nilai d untuk mendapatkan nilai maksimal dari D. Nilai d akan semakin besar apabila nilai *Cycle Time* dan *Netto* mendekati nilai target masing-masing 36 dan 0,250

Batas atas dan bawah spesifikasi produk menjadi pembatas pada optimasi. *Cycle Time* memiliki batas atas sebesar 38 dan batas bawahnya sebesar 34. *Netto* memiliki batas atas sebesar 0,270 dan batas bawah sebesar 0,230. Seluruh respon

dianggap memiliki bobot (α) normal dan tingkat kepentingan (i) yang sama sehingga bernilai 1. α adalah tingkat akurasi hasil kepada target, sedangkan i adalah perbandingan kepentingan antar respon pada optimasi multi respon. Batasan optimasi pada fungsi *desirability* ditampilkan pada Tabel 4.9 berikut.

Tabel 4.9 Batasan Optimasi Respon pada Fungsi *Desirability*

Parameters					
Response	Goal	Lower Target	Upper	Weight	Importance
Netto	Maximum	0,225	0,266	1	1
Cycle Time	Maximum	35,170	37,780	1	1

Berdasarkan data pada Tabel 4.9 dan pemodelan respon maka dapat disusun persamaan matematis optimasi sebagai berikut:

$$Y_{CT} = 36,451 + 0,0475 + 1.0654 X_2 + 0,9758 X_3 - 0,121 X_1^2 + 0,290 X_2^2 + 0,161 X_3^2 - 0,065 X_1 X_2 + 0,060 X_1 X_3 + 0,271 X_2 X_3$$

$$Y_{netto} = 0,24306 - 0,00287 X_1 - 0,01077 X_2 - 0,00134 X_3 + 0,00483 X_1^2 - 0,00495 X_2^2 + 0,00790 X_3^2 + 0,00000 X_1 X_2 - 0,00875 X_1 X_3 - 0,00403 X_2 X_3$$

Hasil optimasi dengan fungsi *desirability* ditampilkan pada Tabel 4.10

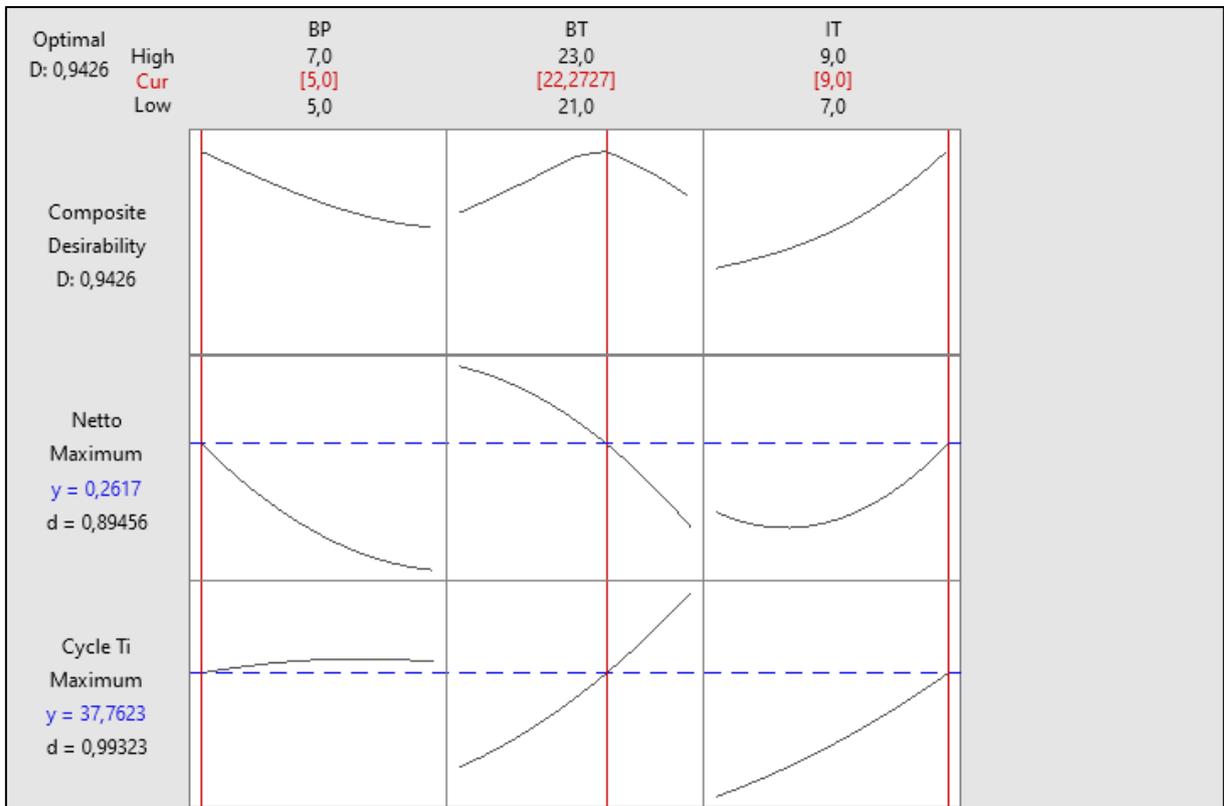
Tabel 4.10 Hasil Optimasi dengan Fungsi *Desirability*

Solution					
Solution	BP	BT	IT	Fit Netto	Fit Cycle Time Composite Desirability
1	5	22,2727	9	0,261677	37,7623 0,942606

Nilai optimal *Cycle Time* adalah 36 dan *Netto* adalah 0,250 yang diperoleh saat nilai D adalah 1. Pengaturan faktor pada kondisi optimal adalah BP sebesar 5, BT sebesar 22,2727 dan IT sebesar 9.

Untuk menghasilkan hasil yang maksimal, maka variasi pada parameter dipadukan dengan fungsi *desirability*. Pada gambar, garis kurva berwarna hitam menunjukkan nilai d untuk masing-masing respon, sedangkan garis putus-putus berwarna biru menunjukkan nilai respon pada saat nilai d tertentu. Nilai D mencapai

nilai maksimal saat nilai faktor berada pada garis berwarna merah. Bila nilai d pada salah satu respon meningkat, maka akan menurunkan nilai d pada respon lainnya dan kebalikannya. Variasi parameter terhadap hasil *cycle time* dan *netto* yang optimum ditunjukkan oleh Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Plot Hasil Optimasi

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Untuk respon *cycle time*, parameter bebas yang paling berpengaruh adalah *blowing time* dengan nilai F_{hitung} sebesar 129,25 kemudian diikuti oleh *idle time* dengan nilai F_{hitung} sebesar 129,07, sedangkan parameter bebas *blowing pressure* tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap respon *cycle time* dikarenakan hanya memiliki F_{hitung} sebesar 0,37.
- Untuk respon *netto*, parameter bebas yang paling berpengaruh adalah *blowing time* dengan nilai F_{hitung} sebesar 4,04, sedangkan parameter bebas *blowing pressure* dan *idle time* tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap respon *netto* dikarenakan hanya memiliki F_{hitung} sebesar sebesar 0,41 dan 0,07.
- Persamaan regresi pengaruh dari BP, BT dan IT terhadap respon *Cycle Time* dan *Netto* adalah sebagai berikut:

$$Y_{CT} = 36,451 + 0,0475 X_1 + 1,0654 X_2 + 0,9758 X_3 - 0,121 X_1^2 + 0,290 X_2^2 + 0,161 X_3^2 - 0,065 X_1 X_2 + 0,060 X_1 X_3 + 0,271 X_2 X_3$$

$$Y_{netto} = 0,24306 - 0,00287 X_1 - 0,01077 X_2 - 0,00134 X_3 + 0,00483 X_1^2 - 0,00495 X_2^2 + 0,00790 X_3^2 + 0,00000 X_1 X_2 - 0,00875 X_1 X_3 - 0,00403 X_2 X_3$$

- Optimasi dengan fungsi *desirability* menghasilkan nilai *Cycle Time* sebesar 37,7623 dan *Netto* sebesar 0,2617 dari proses *blow molding* dengan pengaturan parameter mesin pada *blowing pressure* sebesar 5 bar, pada *blowing time* sebesar 22,2727 detik dan pada *idle time* sebesar 9 detik.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis dan kesimpulan, maka dapat diberikan saran untuk penelitian selanjutnya, yaitu:

- Penelitian ini dilakukan pada skala laboratorium dengan asumsi mewakili kondisi nyata di lapangan. Penelitian selanjutnya diharapkan dilakukan langsung pada proses produksi agar didapatkan hasil yang sesuai di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amirullah, M. B., & Yudistiro, D. (2019). Pengaruh Parameter Barrel Temperature, Blowing Time dan Blowing Pressure Terhadap Volume Produk Botol. *Jurnal Teknik Mesin Elemen*, 6(2), 77–86.
- Amran, M., Salmah, S., Sanusi, M., Yuhazri, M., Mohamad, N., Asyadi, M., Abdullah, Z., & Mohamad, E. (2014). Surface roughness optimization in drilling process using response surface method (RSM). *Jurnal Teknologi (Sciences and Engineering)*, 66(3), 29–35.
- Bagio, A., & Latief, M. (n.d.). PERMUKAAN PADA MESIN EXTRUDER DAN MESIN OVEN ANNELING DALAM PROSES PRODUKSI PRODUK ALUMINIUM COLLAPSIBLE TUBE 13 , 5x70 / CE DI PT . EXTRUPACK. *Jurnal Teknik Industri*, 84–90.
- Darsin, M., Hermawan, Y., & Kristiyantoro, T. (2009). Optimization of Cycle Time by Response Surface Method in Manufacturing Chamomile 120 ml Bottle Using Blow Molding Process. *Proceeding of the 11th International Conference on QiR (Quality in Research)*, 1270–1273.
- Fitria, N. (2015). *Optimalisasi Parameter Regresi Response Surface Methodology Dalam Laba Usaha Pedagang Buah dan Aplikasinya Menggunakan Matlab*.
- Gibran, M. K., & Kristianta, F. (2016). Optimasi Waktu Siklus Produksi Kemasan Produk 50 ml Pada Proses Blow Moulding Dengan Metode Respon Permukaan. *Rotor*, 9(1), 35–39.
- Guo, W. Q., Ren, N. Q., Wang, X. J., Xiang, W. S., Ding, J., You, Y., & Liu, B. F. (2009). Optimization of culture conditions for hydrogen production by *Ethanoligenens harbinense* B49 using response surface methodology. *Bioresource Technology*, 100(3), 1192–1196.
- Haq, H. R. (2018). *Analisis Proses Blow Molding Terhadap Waktu Siklus Produk Botol 100 ml Dengan Menggunakan Metode Response Surface*.
- Harper, C. A. (2006). *Handbook of Plastic Processes*.
- Hermawan, Y., & Astika, I. M. (2009). Optimasi Waktu Siklus Pembuatan Kemasan

- Produk Chamomile 120 ml Pada Proses Blow Molding. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakram*, 3(1), 18–25.
- Ihsan, M. S. (2015). *Optimasi Waktu Siklus Produk Botol 150 ml pada proses blow moulding menggunakan metode respon permukaan*.
- Izzah, N., & Budiantara, I. N. (2020). Pemodelan Faktor-faktor yang Mempengaruhi Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja Perempuan di Jawa Barat Menggunakan Regresi Nonparametrik Spline Truncated. *Inferensi*, 3(March), 21–27.
- Kamaruddin, S., Zakaria, N. S., & Mehat, N. M. (2016). The influence of plastic extrusion blow molding parameters on waste reduction. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 11(20), 12029–12032.
- Kasim, M. S., Che Haron, C. H., Ghani, J. A., & Sulaiman, M. A. (2013). Prediction surface roughness in high-speed milling of Inconel 718 under Mql using Rsm method. *Middle East Journal of Scientific Research*, 13(3), 264–272.
- Khuri, A. I., & Mukhopadhyay, S. (2010). Response surface methodology. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, 2(2), 128–149. <https://doi.org/10.1002/wics.73>
- Kutz, M. (2011). Applied Plastics Engineering Handbook. In *Applied Plastics Engineering Handbook* (Issue January 2011).
- Lee, N. (2006). *Practical Guide to Blow Moulding*.
- Mas'ud, M. (2017). Optimasi Proses Mesin Stretch Blow Moulding Pada Botol 600 ml Dengan Metode Rsm (Response Surface Methodology) Studi Kasus Di Pt. Uniplastindo Interbuana. *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, 18(1), 15–23. <https://doi.org/10.23917/mesin.v18i1.3945>
- Mawardi, I., Hasrin, & Hanif. (2015). Analisis Kualitas Produk dengan Pengaturan Parameter Temperatur Injeksi Material Plastik Polypropylene (PP) Pada Proses Injection Molding. *Malikussaleh Industrial Engineering Journal*, 4(2), 30–35.
- Montgomery, D. C. (2013). Design and Analysis of Experiments. In *John Wiley & Sons, Inc.*
- Musthofa, A., & Arif Irfa'i, M. (2014). Penentuan Setting Parameter Pembuatan Botol

DK 8251 B pada Proses Blow Moulding dengan Menggunakan RSM (Response Surface Methodology) Studi Kasus di PT . Rexam Packaging Indonesia. *Jtm*, 02(03), 47–55.

Muthuvelayudham, R., & Viruthagiri, T. (2010). Application of Central Composite Design Based Response surface Methodology in Parameter Optimization and on Cellulase Production using agricultural waste. *International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering*, 4(1), 12–19. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1082157>

Putra, K. P. (2017). Optimasi Produksi Tutup Botol 500 ml Pada Proses Injection Moulding Menggunakan Metode Response Surface. In *Skripsi*.

Ramadhina, S. (2018). *Parameter Setting Optimization of Extrusion Blow Molding to Reduce Cycle Time and Overweight Defect by Response Surface Method in PT . DY*.

Safitri, A. R. (2017). *Analisis Employee Engagement Di PT. Petrokimia Gresik Menggunakan Manova Dan Regresi Linier Berganda*. <http://repository.its.ac.id/42116/>

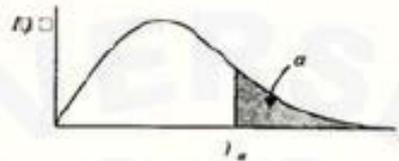
Saputra, D. A. N. (2019). *Pengaruh Variasi Barrel Temperature, Injection Pressure, dan Cooling Time Terhadap Cacat Warpage pada Proses Injection Molding (Al-PP)*.

Sulistiyanto, D. (2016). *Analisis Parameter Injection Moulding Terhadap Waktu Siklus Tutup Botol 500 ml Menggunakan Desain Box-Behnken*.

Waskito, N. W. (2019). *Optimasi Produksi Botol 400 ml pada proses extrusion blow moulding*.

LAMPIRAN

Tabel Distribusi F ($\alpha = 0,05$)



v_2	v_1	Derajat bebas (df) pembilang (v_1)								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	161,4	199,5	215,7	224,6	230,2	234,0	236,8	238,9	240,5
2	1	18,51	19,0	19,16	19,25	19,30	19,33	19,35	19,37	19,38
3	1	10,13	9,55	9,29	9,12	9,01	8,94	8,89	8,85	8,81
4	1	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00
5	1	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77
6	1	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10
7	1	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68
8	1	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39
9	1	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18
10	1	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02
11	1	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90
12	1	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85	2,80
13	1	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,92	2,93	2,77	2,71
14	1	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,76	2,70	2,65
15	1	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,59
16	1	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54
17	1	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,61	2,55	2,49
18	1	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46
19	1	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,54	2,48	2,42
20	1	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45	2,39
21	1	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,49	2,42	2,37
22	1	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,46	2,40	2,34
23	1	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,44	2,37	2,32
24	1	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,42	2,36	2,30
25	1	4,24	3,39	2,99	2,76	2,60	2,49	2,40	2,34	2,28
26	1	4,23	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,39	2,32	2,27
27	1	4,21	3,35	2,96	2,73	2,57	2,46	2,37	2,31	2,25
28	1	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,45	2,36	2,29	2,24
29	1	4,18	3,33	2,93	2,70	2,55	2,43	2,35	2,28	2,22
30	1	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,33	2,27	2,21
40	1	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12
60	1	4,00	3,15	2,76	2,53	2,37	2,25	2,17	2,10	2,04
120	1	3,92	3,07	2,68	2,45	2,29	2,17	2,09	2,02	1,96
∞	1	3,84	3,00	2,60	2,37	2,21	2,10	2,01	1,94	1,88