

TUGAS AKHIR
OPTIMASI WAKTU SIKLUS PRODUKSI DAN BERAT PRODUK
TUTUP FLIPTOP BOTOL KECAP PADA PROSES CETAK
INJEKSI MENGGUNAKAN METODE *RESPONSE SURFACE*



KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI
BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA INDUSTRI
POLITEKNIK ATK YOGYAKARTA
2024

PENGESAHAN
OPTIMASI WAKTU SIKLUS PRODUKSI DAN BERAT PRODUK
TUTUP FLIPTOP BOTOL KECAP PADA PROSES CETAK INJEKSI
MENGGUNAKAN METODE *RESPONSE SURFACE*

Disusun Oleh :

Yassa Risnita
NIM. 2103032

Program Studi Teknologi Pengolahan Karet dan Plastik

Pembimbing


Uma Fadzilia Arifin, M.T.
NIP.19931216 201901 2 002

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Tugas Akhir dan dinyatakan memenuhi salah satu syarat yang diperlukan untuk mendapatkan Derajat Ahli Madya Diploma III (D3) Politeknik ATK Yogyakarta
Tanggal : 19 Juli 2024

TIM PENGUJI
Ketua


Risang Pujianto, S.H., M.P.A.
NIP. 19841130 200901 1 009
Anggota


Uma Fadzilia Arifin, M.T.
NIP.19931216 201901 2 002


Mario Sariski Dwi E., M.T.
NIP. 19871206 202012 1 001

Yogyakarta, 19 Juli 2024
Pir. Direktur Politeknik ATK Yogyakarta


Wahni Aprianti Permatasari, S.Kom., M.Si.
NIP. 197904232002122003



PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan nikmat, dan hidayahNya sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan tepat waktu. Terimakasih kepada diri saya sendiri yang telah mengerjakan sampai selesai dan menjadi kuat sampai akhir. Selanjutnya tugas akhir ini saya persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua saya yaitu Bapak Suseno dan Ibu Sunarti meskipun beliau tidak sempat merasakan pendidikan sampai bangku perkuliahan namun beliau mampu mengantarkan anaknya hingga bangku perkuliahan, mereka yang selalu memberikan doa, semangat dan dukungan yang tiada habis-habisnya. Terimakasih telah membersamai penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini serta menjadi donatur yang sangat royal dalam proses kuliah. Semoga selalu diberikan kesehatan serta rezeki dalam setiap langkahnya oleh Allah SWT.
2. Adik satu-satunya Rossydan Trinidad terimakasih telah memberikan dukungan serta doa-doa hingga dapat menyelesaikan tugas akhir.
3. Ibu Uma Fadzilia Arifin, M.T selaku Dosen Pembimbing tugas akhir. Terimakasih telah membersamai penulis dengan meluangkan waktu, tenaga dan fikiran serta memberikan semangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Seluruh Dosen dan keluarga besar Politeknik ATK Yogyakarta yang telah berjasa diluar akademis.
5. Kepada pemilik NIM 2003046 yang memberikan luka sekaligus obat yang menjadi pengingat untuk saya sehingga dapat membuktikan bahwa anda akan tetap menjadi alasan saya untuk berproses menjadi pribadi yang lebih baik. Terimakasih selalu membersamai penulis dari awal proses pengerjaan dan selalu memberikan dukungan dan bantuan hingga menyelesaikan tugas akhir.
6. Teman-teman seperjuangan Magang Zebina, Syarifatul, Dilana dan teman-teman Teknologi Pengolahan Karet dan Plastik angkatan 2021 yang tidak bisa saya cantumkan satu persatu. Terimakasih selalu ada dan berbagi pegalaman yang tidak pernah saya lupakan.
7. Evi Dwi Lestari terimakasih menjadi teman dan menjadi tempat bercerita keluh kesah sampai saat ini.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala kuasa-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan tepat waktu. Tugas akhir disusun dengan tujuan untuk mengetahui optimasi parameter pada proses *injection molding* dalam produksi Tutup Fliptop Botol Kecap menggunakan metode *Respon Surface* dan memenuhi syarat kelulusan dan perolehan gelar Ahli Madya Diploma III (D3) program studi Teknologi Pengolahan Karet dan Plastik (TPKP) Politeknik ATK Yogyakarta. Tidak lupa penulis sampaikan terima kasih atas segala dukungan dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini yang ditunjukkan kepada:

1. Wulan Aprilianti Permatasari, S.Kom.,M.Si. selaku Pjt. Direktur Politeknik ATK Yogyakarta
2. Dr. Ir. R.I.M satrio Ari Wibowo, S.Pt., M.p., IPU, ASEAN ENG., selaku Pembantu Direktur I Politeknik ATK Yogyakarta
3. Suharyanto S.T.,M.T. selaku ketua Program studi Teknologi Pengolahan Karet dan Plastik
4. Uma Fadzilia Arifin, M.T selaku Dosen Pembimbing tugas akhir
5. Dosen- dosen Politektik ATK Yogyakarta

Penulis menyadari adanya keterbatasan dan kemampuan yang penulis miliki sehingga Tugas Akhir ini jauh dari kata sempurna. Namun penulis berharap Tugas Akhir ini bermanfaat dan sebagai referensi bagi pembaca.

Yogyakarta, 11 Juli 2024

Yassa Risnita

MOTTO

“Jangan merasa tertinggal, setiap orang punya proses dan rezekinya masing-masing”

(Qs. Maryam:4)

“Masalalu adalah hantu yang menyeramkan yang bisa meninggalkan trauma, tapi jangan lari dari masalalu kamu harus yakin bisa menghadapinya”

(Bayu Skak)

“Jangan lari, hadapi dengan berani dan belajar mengiklaskan”

(Sekawan Limo)



DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	i
PENGESAHAN.....	ii
PERSEMBAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
MOTTO.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
DAFTAR ISTILAH.....	xi
INTISARI.....	xii
<i>ABSTRACT</i>	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
C. Tujuan Tugas akhir.....	4
D. Manfaat Tugas Akhir.....	4
E. Batasan Masalah.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Cetak injeksi (<i>Injection Molding</i>).....	6
D. Parameter Proses Cetak Injeksi.....	10
E. Waktu Siklus Produksi (<i>cycle time</i>).....	11
F. Berat Produk (<i>netto</i>).....	12
G. Metode Response Surface.....	12
BAB III MATERI DAN METODE KARYA AKHIR	15
A. Metode Pelaksanaan Tugas Akhir.....	15
B. Lokasi & Waktu Pengambilan Data.....	18
C. Alat dan Bahan.....	18
D. Tahapan Proses Pembuatan Tutup Fliptop Botol kecap.....	21
A. Parameter proses yang berpengaruh pada proses produksi produk tutup fliptop botol kecap.....	34
B. Variabel faktor dan variabel respon.....	35

C. Optimasi waktu siklus produksi dan berat produk tutup fliptop botol kecap.....	38
A. Kesimpulan.....	46
B. Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA.....	48
LAMPIRAN.....	50



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Tabel Rancangan Percobaan <i>Box-Behnken Design</i> dengan $k = 3$	13
Tabel 3 1. Alat dan permesinan	19
Tabel 4.1. Waktu siklus produksi dan berat produk tutup fliptop botol kecap.....	33
Tabel 4. 2. Variabel faktor dan level variabel	35
Tabel 4.3. Hasil percobaan produksi tutup botol kecap dengan variasi parameter proses terhadap waktu siklus produksi dan berat produk	37
Tabel 4.4. Koefisien penduga waktu siklus produksi tutup fliptop botol kecap	39
Tabel 4.5. <i>Analysis of Variance</i> waktu siklus produksi tutup fliptop botol kecap.....	40
Tabel 4.6. Koefisien penduga berat produk tutup fliptop botol kecap	42
Tabel 4.7. <i>Analysis of Variance</i> berat produk tutup fliptop botol kecap.....	43
Tabel 4.8. Hasil optimasi Respon dengan Fungsi <i>Desirability</i>	45



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Bagian injection unit mesin injeksi molding (Permana & Anwar, 2021)	7
Gambar 3.1. Bahan PP dan pewarna <i>masterbatch red</i>	20
Gambar 3.2. Diagram alir proses pembuatan produk	22
Gambar 3.3. Diagram Alir Penyelesaian Masalah	23
Gambar 4.1. Tutup fliptop botol kecap.....	32



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. F _{hitung} tabel.....	51
Lampiran 2. Daftar kegiatan magang.....	52
Lampiran 3. Lembar penilaian magang.....	66
Lampiran 4. Surat penyelesaian magang.....	67
Lampiran 5. Lembar sertifikat magang.....	68
Lampiran 6. Lembar konsultasi tugas akhir.....	69



DAFTAR ISTILAH

<i>Reject</i>	: barang tidak sesuai dengan standar
<i>Masterbatch red</i>	: pewarna tambahan untuk memberikan warna merah
<i>Flashing</i>	: cacat material yang berlebih pada bahan
<i>Mold</i>	: cetakan
<i>Uji lack of fit</i>	: uji kesesuaian model
<i>Assembly</i>	: perakitan produk

INTISARI

Waktu siklus produksi merupakan waktu yang dibutuhkan oleh suatu mesin untuk membuat suatu produk. Kecepatan waktu siklus dapat mempengaruhi proses perakitan tutup fliptop botol kecap. Sedangkan berat produk merupakan berat suatu produk yang diambil secara teoritis dan aktual hasil proses penimbangan setelah produk plastik dicetak. Berat produk yang diperoleh kurang dari standar atau lebih dari standar maka produk akan menjadi produk gagal atau *reject* yang nantinya akan diproduksi ulang. Produksi tutup fliptop botol kecap di PT. Supratik Suryamas memiliki parameter yang belum optimal yang menyebabkan waktu siklus produksi dan berat produk belum optimal. Tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh parameter proses terhadap waktu siklus produksi dan berat produk serta menentukan nilai optimalnya. Metode yang digunakan untuk optimasi waktu siklus produksi dan berat produk yaitu melalui simulasi menggunakan metode *response surface* dengan bantuan *software minitab 19*. Sedangkan jenis desain faktorial yang digunakan *Box Behnken Design (BBD)*. Simulasi dilakukan dengan memvariasikan parameter *injection pressure*, *holding time* dan *injection time*. Hasil penelitian menggunakan metode *respon surface* diperoleh waktu siklus produksi optimal sebesar 26 detik dan berat produk sebesar 3,37 gram dengan kondisi optimum parameter *injection pressure* 40 bar, *holding time* 0,3 detik dan *injection time* 2,1 detik sehingga dapat digunakan sebagai usulan rekomendasi produksi tutup fliptop botol kecap di perusahaan.

Kata kunci: berat produk; metode *response surface*; optimasi; waktu siklus produksi

ABSTRACT

Production cycle time is the time required by a machine to make a product. The speed of the cycle time can affect the assembly process of the soy sauce bottle flip-top cap. While the product weight is the weight of a product taken theoretically and actually the results of the weighing process after the plastic product is molded. The weight of the product obtained is less than the standard or more than the standard, the product will become a failed or reject product which will be remanufactured. The production of soy sauce bottle flip-top caps at PT Supratik Suryamas has parameters that are not yet optimal which causes the production cycle time and product weight to be not optimal. This final project aims to determine the effect of process parameters on production cycle time and product weight and determine the optimal value. The method used to optimize production cycle time and product weight is through simulation using the response surface method with the help of Minitab 19 software. While the type of factorial design used is Box Behnken Design (BBD). Simulation was carried out by varying the parameters of injection pressure, holding time and injection time. The results of the research using the response surface method obtained an optimal production cycle time of 26 seconds and a product weight of 3.37 grams with the optimum condition of injection pressure parameters of 40 bar, holding time of 0.3 seconds and injection time of 2.1 seconds so that it can be used as a proposed recommendation for the production of k bottle flip-top caps.

Keywords: *product weight; response surface method; optimization; production cycle time*

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Penggunaan plastik di Indonesia mengalami peningkatan per tahunnya. Hal ini dibuktikan dengan adanya peningkatan penggunaan plastik sebesar 5,2% pada tahun 2019. Peningkatan penggunaan plastik tertinggi yaitu pada sector industri makanan dan minuman dengan peningkatan persentase 8,9%. Berdasarkan informasi dari Asosiasi Industri Plastik Indonesia (INAPLAS), minat masyarakat terhadap plastik akan terus meningkat hingga mencapai persentase 30,92% pada tahun 2025 yaitu 6.986 metrik ton sehingga, kebutuhan plastik akan terus mengalami kenaikan (Gunawan, 2020).

PT Supratik Suryamas merupakan perusahaan yang memproduksi produk plastik menggunakan mesin *injection molding*, *blow molding* dan *street blow molding*. Produk plastik yang banyak diproduksi di PT Supratik Suryamas salah satunya yaitu tutup fliptop botol kecap. Tutup fliptop botol kecap diproduksi menggunakan mesin cetak injeksi dengan cetakan yang berbeda setiap komponen dan dirakit menjadi satu produk. Berdasarkan hasil observasi yang telah dilakukan diperoleh permasalahan waktu siklus produksi yang tidak konsisten dan berat produk tidak sesuai dengan standar perusahaan. Waktu siklus produksi dapat mempengaruhi proses *assembly* atau perakitan tutup fliptop botol kecap. Waktu siklus produksi yang terlalu cepat menimbulkan produk pada proses perakitan terganggu, hal ini dikarenakan produk akan menjadi dingin dan keras saat proses perakitan. Waktu siklus

produksi yang terlalu lama juga akan menyebabkan produksi yang berjalan lama dan mempengaruhi produk. Tutup fliptop botol kecap juga diharapkan memiliki berat produk yang sesuai dengan standar perusahaan guna untuk meminimalisir produk *reject*.

Tutup fliptop botol kecap diproduksi melalui proses cetak injeksi. Cetak injeksi merupakan proses pembentukan produk dari bahan plastik yang diinjeksikan ke dalam cetakan atau *mold*, sedangkan alat yang digunakan untuk membuat produk dari bahan plastik dengan proses injeksi disebut mesin injeksi plastik (Ghanim, 2017). Proses cetak injeksi merupakan proses pembentukan produk dari bahan termoplastik granular dan ditempatkan pada *hopper/silinder* yang masuk ke dalam injeksi *silinder* yang kemudian didorong melalui *nozzle* mesin menuju cetakan, setelah didinginkan beberapa saat cetakan terbuka dan *ejector* mengeluarkan produk (Wahyudi, 2015).

Kualitas dari produk yang dihasilkan dari mesin cetak injeksi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu desain cetakan yang kurang optimal, penginjeksian material yang kurang stabil, suhu material dalam *barrel* yang kurang sesuai, dan pengaruh parameter proses cetak injeksi (Fadillansyah et al., 2021). Parameter proses injeksi sangat berpengaruh terhadap hasil produk plastik. Pengaturan parameter yang kurang tepat dapat menyebabkan cacat pada produk (Irmawan et al., 2017). Parameter proses cetak injeksi terdiri dari suhu leleh (*melt temperature*), batas tekanan (*pressure limit*), waktu tahan, waktu penekanan, suhu cetakan (*mold temperature*), kecepatan injeksi (*injection rate*), dan tekanan balik (*backpressure*) (Wahyudi, 2015).

Produksi tutup flitop botol kecap menggunakan mesin cetak injeksi diharapkan memiliki *setting parameter* yang optimal agar mendapatkan waktu siklus dan berat produk yang sesuai. Parameter yang optimal dapat dicari menggunakan eksperimen atau simulasi. Perencanaan dan perancangan dibutuhkan untuk menghasilkan kesimpulan eksperimen yang valid, efektif dan efisien. Salah satu perencanaan dan perancangan yang sering digunakan adalah *Design of experiment* (DoE) (Muttaqin, 2019). DoE digunakan untuk mengetahui hubungan sebab akibat antara *output* (variabel respon) dan faktor-faktor yang mempengaruhi. Salah satu metode dari *Design of experiment* yaitu metode *response surface*.

Metode *response surface* merupakan metode matematis dan statis untuk memodelkan dan menganalisis masalah dimana tingkat respon dipengaruhi beberapa variabel dengan tujuan untuk mengoptimalkan respon tersebut (Samyvikar et al., 2018). Metode tersebut berguna untuk memperoleh nilai optimal dari masing-masing parameter yang berpengaruh dalam proses produksi produk dengan proses cetak injeksi. Berdasarkan uraian tersebut, maka dilakukan simulasi menggunakan metode *response surface* dengan bantuan *software minitab 19* untuk menentukan *setting parameter* produksi tutup flitop botol kecap yang optimal agar dapat menghasilkan produk dengan berat produk sesuai standar dan waktu siklus yang efisien.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana parameter yang berpengaruh terhadap waktu siklus produksi dan berat produk pada produk tutup fliptop botol kecap?.
2. Bagaimana waktu siklus produksi dan berat produk yang optimal pada proses produk tutup fliptop botol kecap?.

C. Tujuan Tugas akhir

Berdasarkan rumusan masalah tersebut maka tujuan dari laporan tugas akhir ini sebagai berikut:

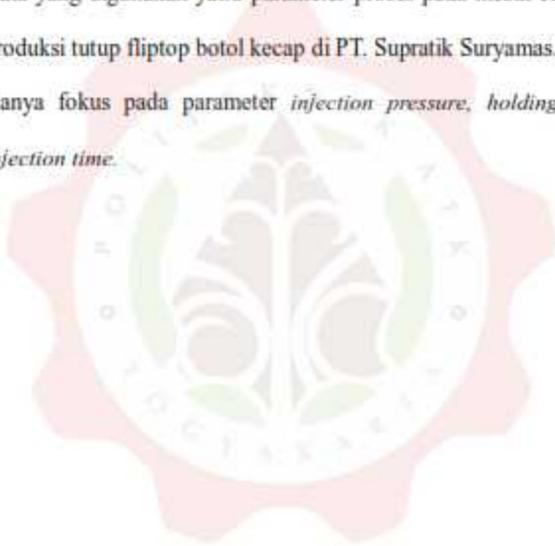
1. Menentukan parameter yang berpengaruh terhadap waktu siklus produksi dan berat produk pada proses pembuatan tutup fliptop botol kecap.
2. Menentukan waktu siklus produksi dan berat produk yang optimal pada proses pembuatan produk tutup fliptop botol kecap.

D. Manfaat Tugas Akhir

1. Bagi penulis, menambah pengetahuan proses pembuatan produk dan untuk mengetahui waktu siklus dan berat produk yang optimal pada produk tutup fliptop botol kecap.
2. Bagi perusahaan, dapat digunakan sebagai saran dan masukan untuk menyesuaikan parameter proses injeksi untuk memperoleh efisiensi waktu proses produksi dan berat produk sesuai standar.
3. Bagi akademik, sebagai referensi dan diharapkan memberikan ilmu dan wawasan terkait optimasi waktu siklus produksi dan berat produk melalui optimasi *setting parameter*.

E. Batasan Masalah

1. Menentukan waktu siklus produksi dan berat produk yang optimal pada produk tutup fliptop botol kecap.
2. Data yang digunakan yaitu parameter proses pada mesin cetak injeksi produksi tutup fliptop botol kecap di PT. Supratik Suryamas.
3. Hanya fokus pada parameter *injection pressure*, *holding time* dan *injection time*.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

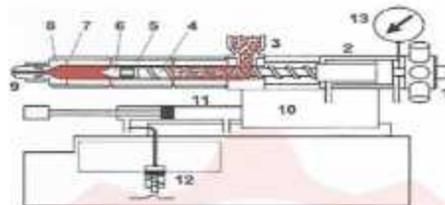
A. Cetak Injeksi (*Injection Molding*)

Cetak injeksi adalah proses peleburan bahan panas di mana bahan cair panas diinjeksikan ke dalam cetakan melalui *barrel* dan didinginkan dengan air hingga mengeras. Secara umum cetak injeksi diartikan sebagai produksi suatu barang atau produk dengan cara memanaskan bahan plastik dan menginjeksikannya ke dalam cetakan atau mold dalam suatu proses. Prinsipnya mesin cetak injeksi merupakan alat untuk membuat part dari bahan plastik (Ghanim, 2017). Cetak injeksi sangat penting dalam dunia industri yaitu dapat digunakan untuk produksi barang dalam jumlah yang besar dengan cepat dan efisien, mesin ini mampu menghasilkan produk dengan tingkat kerumitan yang tinggi sesuai dengan cetakan yang ditentukan, serta memiliki efisiensi biaya sehingga mengurangi biaya produksi.

Bagian-bagian cetak injeksi secara garis besar terdapat dua bagian yaitu:

1. *Injection unit*

injeksi unit merupakan tempat plastik dipanaskan dan plastik diinjeksikan ke dalam cetakan.



Gambar 2.1. Bagian unit mesin injeksi molding (Permana & Anwar, 2021)

Bagian- bagian injeksi unit terdapat beberapa bagian yaitu :

a. Motor dan *transmission gear unit*

Bagian ini untuk menghasilkan kekuatan untuk memutar *screw* pada *barrell*. Sedangkan transmisi unit berfungsi memindahkan kekuatan putaran motor ke dalam *screw* selain itu digunakan mengatur daya yang disalurkan sehingga beban tidak terlalu berat.

b. *Hopper*

Hopper merupakan tempat menampung bahan plastik sebelum masuk kedalam *barrel*.

c. *Barrel*

Barrel terdapat *screw* yang mempunyai dua fungsi yaitu berputar untuk mencampur pemanasan material serta sebagai piston memasukkan lelehan plastik ke dalam cetakan.

d. *Screw*

Screw digunakan mencampur material polimer yang digunakan pendorong lelehan plastik kedalam *mold*.

e. *Nonreturn valve*

Nonreturn valve untuk mencegah aliran plastik yang meleleh tidak kembali ke *screw*.

f. *Nozzle*

Nozzle untuk penghubung antara *mold* dengan *unit injeksi*, menahan kebocoran serta penyempitan pada *nozzle* untuk mempercepat kecepatan (Ghanim, 2017).

2. *Clamping Unit*

Clamping Unit merupakan tempat penempatan cetakan pembukaan dan penutupan cetakan serta pengeluaran bagian-bagian dari cetakan. Saat menutup cetakan mesin harus mempunyai kekuatan cekam yang kuat karena cetakan di isi air panas dengan tekanan tinggi. Mesin tidak dapat menutup cetakan maka bahan plastik cair akan mengalir di antara *core* dan *cavity* (Permana & Anwar, 2021).

B. Plastik

Plastik adalah senyawa organik yang mempunyai rantai panjang yang dibentuk dari polimerisasi material organik dan mempunyai massa molekul yang sangat besar (Sulistyono & Dani, 2023). Pengertian plastik secara kimiawi yaitu mencakup produk polimerisasi sintetik atau semi-sintetik. Molekul plastik terbentuk dari kondensasi organik atau penambahan polimer dan bisa juga terdiri dari zat lain untuk meningkatkan performanya. Plastik secara alami merupakan beberapa polimer

(pengulangan tidak terhingga dari monomer-monomer) yang digolongkan dalam kategori plastik (Burhanuddin et al., 2020).

Plastik dapat dikelompokkan menjadi dua macam yaitu *thermoplastic* dan *thermosetting*. *Thermoplastic* merupakan bahan plastik dimana dipanaskan hingga temperature tertentu bisa mencair dan dapat dibentuk ulang menjadi bentuk yang diinginkan. *Thermosetting* merupakan plastik jika telah terbentuk produk tidak dapat dicairkan kembali jika dipanaskan (Surono, 2018).

Berdasarkan jenisnya, plastik digolongkan menjadi 6 jenis yaitu *High Density Polyethylene* (HDPE), *Low Density Polyethylene* (LDPE), *Polypropylene* (PP), *Polyvinyl Chloride* (PVC), *Polystyrene* (PS) dan *Polyethylene-Terephthalate* (PET) (Astuti et al., 2020).

C. *Polypropylene*

Polypropylene merupakan polimer kristalin yang dihasilkan dari proses polimerisasi gas propilena. *Polypropylene* mempunyai spesifik gravity rendah dibandingkan dengan jenis plastik lain. *Polypropylene* mempunyai massa jenis paling rendah dan titik leleh paling tinggi dari semua jenis plastik *thermoplastic* dan memiliki harga yang lebih murah.

Polypropylene mempunyai massa jenis yaitu antara 0,91-0,94 g/cm³ dan memiliki titik leleh sebesar 160-166 °C. *Polypropylene* memiliki sifat sangat mirip dengan PE tetapi PP lebih kuat dan ringan dengan daya tembus uap yang rendah, ketahanan yang baik terhadap lemak, stabil terhadap suhu tinggi dan cukup mengkilap (Rudend & Hermana, 2021).

D. Parameter Proses Cetak Injeksi

Parameter proses cetak injeksi merupakan bagian penting dalam proses produksi yaitu untuk mendapatkan produk dengan kualitas yang optimal. Adapun parameter-parameter mesin cetak injeksi yang berpengaruh dalam proses pembuatan produk tutup fliptop botol kecap yaitu:

1. Waktu tahan (*holding time*)

Waktu tahan adalah waktu yang diukur dari mencapai suhu leleh yang disetel hingga seluruh bahan plastik di dalam tabung pemanas meleleh seluruhnya. Hal ini disebabkan oleh sifat perambatan panas yang membutuhkan waktu untuk menyebar ke seluruh bagian yang dipanaskan. Waktu penahanan yang terlalu singkat akan menyebabkan bahan plastik di dalam tabung pemanas mungkin tidak meleleh seluruhnya, sehingga menyulitkan bahan plastik untuk keluar dari *nozzle* (Wahyudi, 2015).

2. Waktu injeksi (*injection time*)

Waktu injeksi adalah waktu yang diperlukan *screw* untuk mengisi bahan plastik yang sudah leleh ke dalam cetakan (Wahyudi, 2015).

3. Tekanan injeksi (*injection pressure*)

Tekanan injeksi adalah tekanan yang diberikan saat menyuntikan bahan ke dalam cetakan (Yanto et al., 2018).

E. Waktu Siklus Produksi (*cycle time*)

Waktu siklus produksi (*cycle time*) merupakan waktu yang dibutuhkan oleh suatu mesin untuk membuat suatu produk (Wahyudi, 2015). Waktu siklus produksi sangat berpengaruh terhadap kualitas maupun kuantitas produksi namun disini lain industri harus memperhatikan kualitas produknya karena semakin cepat waktu siklus produksi belum tentu kualitas produksi meningkat. Waktu siklus cetak injeksi terbagi dalam beberapa *phase* yang saling berhubungan yaitu: (Wahyudi, 2015).

a. *Closing the mold*

Male mold bergerak maju ke arah *female mold* (proses menutupnya mold).

b. *Injection time*

Waktu yang dibutuhkan *screw* untuk menekan material plastik yang telah dilelehkan masuk kedalam *mold cavity*. *Injection time* ini dipengaruhi oleh *injection stroke*, *injection speed* dan *injection pressure*.

c. *Cooling time*

Waktu yang diperlukan untuk mendinginkan *mold* dan produk. Pendinginan *mold* sebenarnya sudah berlangsung terus menerus, karena air sebagai media pendingin selalu bersirkulasi, sehingga waktu pendinginan *mold* ini hanya berfungsi selama

mold sudah terisi material dan diatur bersamaan dengan waktu *holding time* (Wahyudi, 2015)

F. Berat Produk (*netto*)

Berat produk (*netto*) merupakan berat suatu produk yang diambil secara teoritis dan aktual hasil proses penimbangan setelah produk plastik dicetak. Berat produk hasil cetak injeksi dapat dihitung melalui luas penampang dikalikan panjang, diperoleh volume kemudian dikalikan dengan *density* (Basuki et al., 2022).

Berat produk menjadi salah satu faktor yang harus diperhatikan dikarenakan apabila berat produk yang diperoleh kurang dari standar atau lebih dari standar maka produk akan menjadi produk gagal atau *reject* yang nantinya akan dibuat ulang produksi. Berat produk dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu desain cetakan, kualitas bahan mentah, parameter proses *injection*, dan kualitas mesin.

G. Metode Response Surface

Response surface methodology (RSM) atau metodologi permukaan respon adalah teknik matematika dan statistik untuk pemodelan dan analisis yang berujuan untuk mendeteksi pengaruh beberapa variabel kuantitatif terhadap suatu variabel respon dan untuk mengoptimalkan variabel respon tersebut (Okariawan et al., 2016). Salah satu perancangan eksperimen yang digunakan untuk mengetahui kondisi optimal adalah Metode *respon surface*, dalam menggunakan metode

response surface terdapat dua jenis desain yang dapat digunakan, yaitu (Montgomery, 2013).

1. *Central Composite Design*

Central Composite Design merupakan desain eksperimen yang sekuensial (*sequential experiment*) atau perencanaan desain yang dilakukan secara berulang. Desain dengan jumlah faktor yang sama, jumlah eksperimen yang dilakukan lebih banyak dibandingkan menggunakan *Box-Behken Design*.

2. *Box-Behken Design*

Desain dengan perencanaan untuk desain eksperimen yang tidak sekuensial yang hanya merencanakan untuk satu kali eksperimen. Desain dengan jumlah faktor yang sama, jumlah eksperimen yang dilakukan lebih sedikit daripada dengan *central composite design*. Tabel rancangan *Box-Behken Design* dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Tabel Rancangan Percobaan *Box-Behnken Design* dengan $k=3$

No	X1	X2	X3
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



BAB III

MATERI DAN METODE KARYA AKHIR

A. Metode Pelaksanaan Tugas Akhir

Tugas akhir yang akan dikaji berupa penyelesaian masalah (*problem solving*) tentang optimasi waktu siklus terhadap produk tutup fliptop botol kecap. Permasalahan yang sering terjadi yaitu *setting* parameter pembuatan tutup fliptop botol kecap yang belum optimal sehingga menghasilkan waktu siklus dan berat produk yang kurang sesuai dengan standar sehingga mengganggu proses produksi.

Metode yang digunakan untuk menyelesaikan tugas akhir ini adalah observasi, wawancara dan percobaan melalui simulasi dengan menggunakan *software minitab 19* dengan memanfaatkan data yang diperoleh selama melaksanakan magang tugas akhir. Selain itu, dilakukan studi literatur dari buku dan jurnal percobaan terdahulu dan studi literatur untuk mendukung data hasil simulasi yang ada di perusahaan. Adapun penjabaran dari metode-metode tersebut antara lain.

1. Pengumpulan Data Primer

Pengumpulan data primer merupakan metode yang digunakan untuk mengumpulkan data secara langsung dari perusahaan dimana data tersebut diperoleh.

a. Observasi

Observasi dilakukan secara langsung di PT Supratik Suryamas. Proses pengamatan secara langsung bertujuan untuk mendapatkan data yang objektif dan sistematis. Pengamatan yang dilakukan meliputi prosedur pembuatan produk tutup fliptop botol kecap dengan hasil akhir dan memperhatikan beberapa cacat yang terdapat dalam proses pembuatannya. Berdasarkan observasi yang dilakukan diperoleh data parameter untuk melakukan proses *trial* dengan menggunakan *Software Minitab 19*.

b. Wawancara

Metode wawancara dilakukan untuk mengumpulkan informasi tambahan yang berguna untuk proses percobaan dan penulisan tugas akhir dengan cara pengajuan pertanyaan ke operator produksi mesin cetak injeksi dan *QC inproses*. Informasi tersebut dapat memudahkan dalam melakukan simulasi pada *software*.

c. Metode simulasi

Metode simulasi yang dilakukan melibatkan penulis yang didampingi oleh operator produksi. Percobaan dilakukan dengan memperhatikan data parameter yang terdapat produk cacat di perusahaan. Langkah selanjutnya yaitu penentuan variabel faktor untuk melakukan percobaan simulasi menggunakan *software minitab 19* dengan matriks simulasi sebanyak 15 kali dan

melakukan percobaan pada mesin cetak injeksi sesuai dengan matriks tersebut. Selanjutnya setelah diperoleh variabel respon *Software Minitab 19* akan melakukan simulasi waktu siklus dan berat produk yang optimal. Hasil yang sudah didapatkan dari *Software Minitab 19* dilakukan analisa percobaan.

d. Metode Dokumentasi

Dokumentasi dilakukan untuk menunjang penulisan tugas akhir. Penulis mengambil dokumentasi berupa foto meliputi bahan, alat, mesin, parameter dan hasil dari produk tutup liptop botol kecap. Pengambilan foto juga memerlukan ijin dari pihak perusahaan guna menjaga kerahasiaan beberapa hal dari perusahaan yang memang tidak boleh dipublikasikan.

2. Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari sumber kedua melalui studi literatur. Studi literatur merupakan referensi berisikan teori-teori yang relevan untuk dijadikan referensi penulis untuk mengerjakan tugas akhir. Studi literatur dilakukan dengan pengumpulan data secara teoritis dengan mempelajari dan memahami studi literatur yang berkaitan dengan permasalahan yang diteliti. Fokus penyelesaian tugas akhir ini dengan menggunakan metode *respon surface* untuk menentukan parameter, waktu siklus dan berat produk yang optimal pada suatu produk.

B. Lokasi & Waktu Pengambilan Data

Lokasi pengambilan data dilakukan di PT Supratik Suryamas yang terletak di Jl. Salak Durenan, Tridadi (Jl Magelang KM 12) Sleman, Yogyakarta. Kegiatan ini berlangsung selama 3 bulan mulai tanggal 26 Februari 2024 sampai dengan tanggal 31 Mei 2024. Data diperoleh dari departemen produksi dan *Quality control* (QC).

C. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan untuk memproduksi produk tutup fliptop botol kecap antara lain.

1. Alat

Alat-alat yang digunakan untuk membuat produk tutup fliptop botol kecap antara lain timbangan *analytic*, *mixer*, *crusher* dan cetak injeksi. Alat untuk membuat produk tutup fliptop botol kecap dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3 1. Alat dan permesinan

No	Nama Alat	Gambar	Keterangan
1	Timbangan		Menimbang produk
2	<i>Mixer</i>		Alat untuk mencampur material hingga homogen
3	Cetak injeksi		Mencetak produk
4	<i>Crusher</i>		Mencacah produk <i>reject</i> untuk bahan daur ulang

2. Bahan

Bahan yang digunakan untuk membuat produk tutup fliptop botol kecap adalah plastik jenis PP (*Polypropylene*) dan pewarna *masterbatch red*.

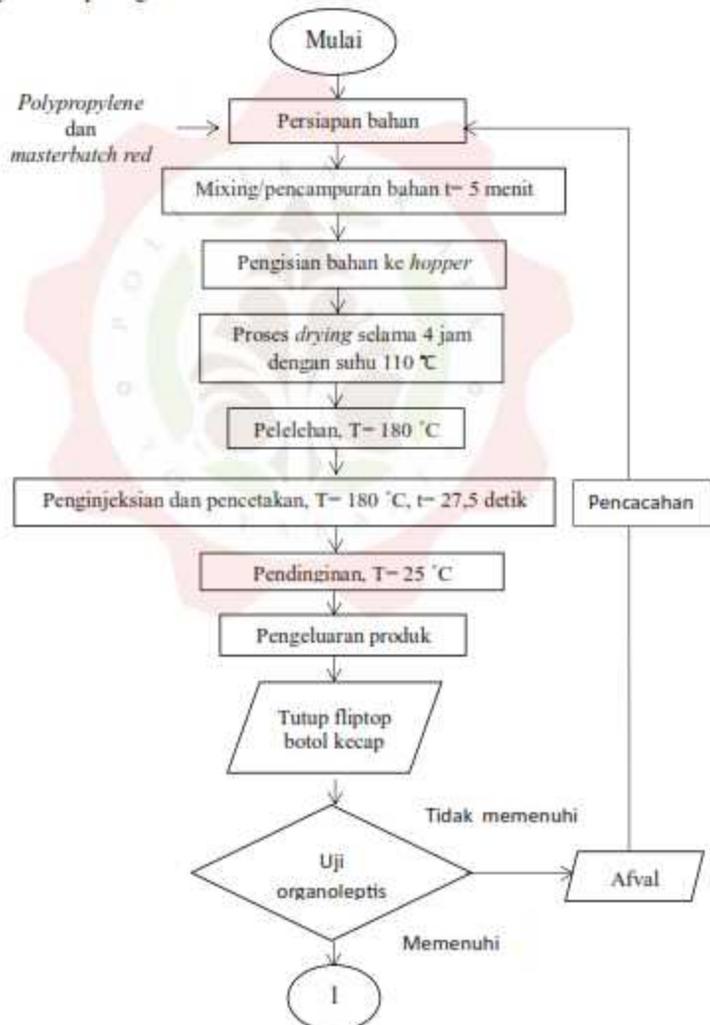


Gambar 3 1. Bahan PP dan pewarna *masterbatch red*

(Sumber: PT. Supratik Suryamas, 2024)

D. Tahapan Proses Pembuatan Tutup Fliptop Botol Kecap

Tahapan proses pembuatan tutup fliptop botol kecap dijabarkan melalui diagram alir pada gambar 3.2





Gambar 3.2. Diagram alir proses pembuatan produk

Berdasarkan diagram alir proses pada gambar 3.2 dijelaskan bahwa pembuatan tutup fliptop botol kecap dimulai dengan persiapan bahan yaitu material plastik PP murni, pewarna *masterbatch red* dan menggunakan material daur ulang jika tersedia. Kedua bahan tersebut dicampur menggunakan mesin *mixing* selama 5 menit hingga tercampur. Material yang telah dicampur selanjutnya diisikan ke *hopper* dan dilakukan proses pengeringan selama 4 jam. Setelah proses pengeringan selesai material dilelehkan dan diinjeksikan kedalam *mold* dan dilakukan pendinginan lalu dikeluarkan. Produk dilakukan uji organoleptis oleh staf selektor meliputi produk kurang penuh, warna tidak sesuai dan berat produk yang kurang dari standar. Produk yang sesuai dilanjutkan proses *trimming* untuk menghilangkan bahan yang berlebih pada produk. Produk yang cacat kemudian dihancurkan menggunakan *crusher* untuk dijadikan material daur ulang.

E. Tahapan Penyelesaian Masalah

Tahapan penyelesaian masalah dijabarkan melalui diagram alir pada gambar 3.3



Gambar 3.3. Diagram Alir Penyelesaian Masalah

Berdasarkan diagram alir proses penyelesaian masalah pada gambar 3.3 dijelaskan sebagai berikut:

1. Identifikasi masalah

Identifikasi masalah diawali dengan observasi lapangan secara langsung untuk melihat permasalahan yang terjadi di lapangan. Wawancara dilakukan setelah mendapatkan permasalahan dengan melakukan wawancara dengan pihak terkait. Narasumber yang terkait yaitu operator produksi dan QC *inproces* dan pihak yang berkaitan dengan tugas akhir. Selanjutnya dilakukan percobaan dengan operator produksi dan melakukan dokumentasi untuk menunjang tugas akhir.

2. Studi literatur

Studi literatur dilakukan untuk mencari data- data yang berkaitan dengan permasalahan yang diteliti untuk mendapatkan hasil referensi berupa optimasi waktu siklus. Hasil studi literatur ini selanjutnya akan menjadi bekal dan pertimbangan untuk dijadikan *referensi* untuk menyelesaikan tugas akhir.

3. Desain eksperimen

Desain eksperimen menggunakan metode *response surface* dengan bantuan *software minitab 19* dimulai dengan penentuan variabel faktor. Variabel faktor ditentukan secara wawancara dengan pihak terkait dengan tugas akhir. Variabel faktor yang digunakan diperoleh dari data *setting parameter* perusahaan. Variabel faktor yang

digunakan yaitu *injection pressure*, *holding time*, dan *injection time*. Variabel-variabel yang digunakan untuk melakukan simulasi antara lain.

- a. Variabel faktor merupakan variabel yang besarnya dapat dipilih dan dikendalikan atas dasar pertimbangan tertentu atau untuk tujuan dari penelitian itu sendiri. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *injection pressure*, *holding time*, dan *injection time*
- b. Variabel respon merupakan salah satu karakteristik kualitas dari produk tutup fliptop botol kecap yang diamati

Selanjutnya menentukan level variabel dengan kode -1, 0, dan +1. Langkah selanjutnya yaitu percobaan simulasi menggunakan *software minitab 19* dengan matriks simulasi sebanyak 15 kali dan melakukan percobaan pada mesin cetak injeksi sesuai dengan matriks tersebut.

4. Analisa hasil percobaan simulasi

Analisa hasil percobaan yaitu melakukan pembentukan model dan pengujian kesesuaian model dan pengujian residual. Pembentukan model merupakan hasil data percobaan yang diolah menggunakan *software Minitab 19*, kemudian akan muncul sebuah model persamaan yang diperoleh dari pengolahan data menggunakan *software Minitab* tersebut.

Langkah selanjutnya yaitu melakukan pengujian kesesuaian model terdiri dari tiga pengujian. Pengujian pertama 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 di inginkan. Selain itu fungsi *desirability* dapat mencari nilai variasi pada parameter *injection pressure*, *holding time*, *injection time* untuk mendapatkan berat bersih dan waktu siklus (*cycle time*) yang optimal.

Langkah pertama dalam metodologi *response surface* adalah menemukan fungsi yang benar antara variabel respon dan variabel bebas. Model regresi biasanya dibuat untuk menguji hubungan ini, untuk memilih model terbaik biasanya memeriksa apakah model antar variabel merupakan model linier (model orde pertama) atau model polinomial. Menurut (Montgomery,2013) Secara umum bentuk persamaan regresi orde pertama dinyatakan sebagai berikut.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \epsilon \dots\dots\dots(1)$$

dimana :

Y = Variabel respon

β_0 = intesep

β_1 = koefisien parameter model

X_1 = Nilai koding variabel bebas

ε = Residual dengan asumsi IIDN $(0, \sigma^2)$

Pendugaan untuk orde pertama menggunakan persamaan matematis berikut

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

dimana :

Y = Nilai Pendugaan

b_0 = konstanta

β_i = taksiran parameter

X_i = variabel bebas

sedangkan untuk persamaan model orde kedua yaitu

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

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 = 3 penduga orde model kedua menjadi (Montgomery,2013):

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \beta_3X_3 + \beta_{11}X_1^2 + \beta_{22}X_2^2 + \beta_{33}X_3^2 + \beta_{12}X_1X_2 + \beta_{13}X_1X_3 + \beta_{23}X_2X_3 \dots \dots \dots (5)$$

dimana :

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

b_0 = konstanta, b_{ii} = koefisien parameter model, $i = 1, 2, 3, \dots, k$

Selanjutnya pengujian model yang terdapat beberapa pengujian diantaranya yaitu.

a. Koefisien Korelasi (R)

Koefisien korelasi merupakan kedekatan antara nilai X (predictor) dan nilai Y (respon). Jika mendekati angka 1 atau -1 nilai koefisien korelasinya maka semakin besar pengaruh nilai X terhadap Y. nilai ini dilambangkan dengan R dan terletak pada $-1 \leq R \leq 1$ jika $R < 0$ atau negative maka 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 seakin besar X menyebabkan semakin besar pula nilai Y.

b. Koefisien Determinasi (R^2)

Koefisien Determinasi (R^2) merupakan nilai statistik yang dapat digunakan untuk mengetahui apakah ada hubungan pengaruh

antara variabel X dan Y, nilai koefisien determinasi menunjukkan persentase total variasi nilai variabel terikat (Y) yang dapat dijelaskan oleh persamaan regresi yang dihasilkan. Koefisien determinasinya adalah $0 < R^2 < 1$. Semakin besar nilai R^2 maka semakin besar pengaruh seluruh variabel X terhadap variabel Y. Untuk mendapatkan model yang baik diharapkan nilai R^2 mendekati 1.

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

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kesesuaian model yang dihasilkan. Pengujian 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 statistik yang digunakan yaitu (Montgomery,2013):

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

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

d. Pengujian Parameter Serentak

Hipotesis yang dilakukan Pengujian parameter regresi secara serentak yaitu (Montgomery,2013):

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

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

Uji statistik yang digunakan yaitu

$$F_{hitung} = \frac{MSR}{MSE} = \frac{SS_{B/K}}{SS_E/(N-1-k)} \dots \dots \dots (7)$$

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

Hipotesisnya adalah sebagai berikut

$$F_{(\alpha; k; n-1-k)}$$

$$H_0; \beta_i = 0$$

$$H_1; \beta_1 \neq 0$$

Statistik uji $t = \frac{b_i}{s(b_i)}$ dengan b_i adalah taksiran β_i dan $s(b_i) = \sqrt{\frac{\sigma^2}{\sum_{i=1}^k (X_i - \bar{X})^2}}$

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

Selanjutnya yaitu optimasi respon optimasi merupakan upaya penelitian untuk mendapatkan level-level variabel bebas agar mendapatkan respon yang optimal. Pendekatan *desirability* merupakan salah satu metode yang digunakan untuk optimasi multi respon.

Adapun persamaannya adalah (Montgomery,2013):

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

Dimana : D = *desirability* total

d_p = fungsi *desirability* masing-masing

P = jumlah output yang di inginkan

y = *transfer function* masing-masing

5. Parameter, waktu siklus dan berat produk yang optimal

Parameter, waktu siklus produksi dan berat produk yang optimal diperoleh melalui optimasi menggunakan *software minitab 19* dengan matrik 15 kali percobaan pada mesin cetak injeksi. Percobaan pada mesin cetak injeksi menggunakan variabel faktor *setting parameter* di perusahaan sebagai acuan. Waktu siklus produksi dan berat produk menjadi variabel respon pada percobaan. *Software minitab 19* akan melakukan simulasi dan menghasilkan parameter, waktu siklus produksidan berat produk yang optimal.