

Analisis Penyusutan Produk Karet *O-Ring* Hasil Proses *Compression Molding* dengan Metode Taguchi

Risdyani Nabila Basyasyah^{1*}, Bayu Wiro Karuniawan², Farizi Rachman³

Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri
Surabaya, Surabaya 60111, Indonesia^{1*,2,3}
E-mail: risdayaninabil@gmail.com^{1*}

Abstract - The rubber products industries of the automotive sector are rapidly growing in Indonesia. In the manufacturing process, rubber products are often produced with compression molding because it is cost-saving. Manufacturers of rubber products are facing an obstacle in shrinkage but often ignored because it is still in minor data. Based on this, research analysis of *O-Ring* shrinkage was carried out. The purpose of this research is to obtain low shrinkage results from the right combination of parameters and the influence of those parameters. The parameters in this research are the type of rubber compound, press time, and heating temperature, while the response variable is shrinkage dimensions of small, medium, and large sizes *O-Ring* products. The experimental design and analysis were determined based on Taguchi's method. The results of the analysis for Small *O-Ring* responses showed the parameters of the optimum condition process were obtained using the TO compound, 10 minutes press time, and 165°C heating temperature. For medium *O-Ring* responses, the TO compound, 10 minutes press time, and 185°C heating temperature were used. For large *O-Ring* responses used PPS compound, 10 minutes press time, 185°C heating temperature. As for the contribution of each parameters for small, medium and large *O-Rings*, respectively; the type of compound is 25.334%, -4.5571%, 5.9050%, press time 13.615%, -8.067726%, 17.7376%, heating temperature -3.758%, 19.772%, 59700%.

Keyword: Compound Type, Compression Molding Process, Heating Temperature, *O-Ring*, Rubber Product, Press Time, Shrinkage, Taguchi Method.

Nomenclature

S	Nilai penyusutan (%)
Lo	Dimensi Produk pada <i>cavity Mold</i> (mm)
L	Dimensi Produk (mm)
S/N	Signal to Noise ratio
DF	Derajat Kebebasan
SS	Sum of Square
MS	Mean of Square
ρ	Persen kontribusi faktor (%)

1. PENDAHULUAN

Permintaan penggunaan produk dari karet dalam sektor otomotif sangatlah tinggi. Produk karet sering digunakan karena memiliki performa tahan bahan kimia, kemampuan sifat fisik dan fleksibilitasnya yang maksimal. Contoh penggunaan produk karet pada sektor otomotif yaitu produk karet *O-Ring*. *O-Ring* berbentuk cincin dengan profil penampang lingkaran yang digunakan sebagai part pencegah kebocoran gas dan cairan pada sebuah sistem otomotif.

Produk karet biasanya terbentuk dari kompon karet tertentu yang di proses dengan cara vulkanisasi agar meleleh dan membentuk seperti cetakan yang diinginkan. Proses produksi karet terdapat 3 tipe diantaranya *compression molding*, *transfer molding* dan *injection molding* (*ARM Molding Guide*) [1]. Dalam proses pembuatan dan penggunaannya sering dijumpai cacat produksi yang terjadi, maka dari itu banyak

produsen manufaktur karet memperhitungkan dan analisa untuk menghindari kerugian yang akan timbul. Namun diantara perhitungan dan analisa cacat produk yang sering dilakukan, juga terdapat cacat *shrinkage* yang masih sedikit dibahas. Penyusutan *O-Ring* bisa merugikan atau bahkan menguntungkan, namun nilai *shrinkage* yang diabaikan dalam proses pembuatan *O-Ring* akan sangat berpengaruh pada pemanfaatannya dalam pencegahan kebocoran. Perubahan dimensi dan volume dari penyusutan ini biasanya terjadi karena pengaruh suhu, komposisi dan jenis kompon, material dan bentuk dari *mold*, dan juga *stress* yang dialami karet tersebut (*O-Ring Handbook*, 2015) [2].

Eksperimen pembuatan produk *O-Ring* dalam penelitian ini menggunakan proses *compression mold* pada mesin *press mold* dengan 2 sisi pemanasan, dan pemilihan material *mold* diabaikan. Dalam pengukuran penyusutan *O-Ring* berupa perhitungan dimensi produk setelah proses *compression molding* dan dibandingkan dengan ukuran dimensi kaviti *mold* yang digunakan. Pada penelitian ini akan dilakukan tahapan pengambilan data dan analisa menggunakan metode Taguchi agar mendapatkan hasil dan kesimpulan yang dapat memberikan analisa terhadap nilai penyusutan karet yang terjadi akibat pengaruh variabel-variabel seoptimal mungkin dan kombinasi variabel mana yang menghasilkan produk *O-*

Ring dengan nilai penyusutan yang kecil. Variabel yang akan diteliti berupa waktu *press*, dan jenis kompon karet.

2. METODOLOGI

Metodologi yang digunakan adalah metodologi berdasarkan desain eksperimen *Taguchi*. Metode *Taguchi* menyederhanakan prosedur yang digunakan dengan membuat *orthogonal arrays*. Terdapat beberapa tahapan metode *Taguchi*, tiga tahapan utama yaitu tahapan perancangan, tahapan percobaan dan tahap analisis. (Irwanto Soejanto, 2009) [3].

2.1 Perencanaan Eksperimen

Dalam perencanaannya, matrik orthogonal ditetapkan berdasar variabel yang digunakan yaitu jenis kompon, waktu pemanasan dan waktu *press* yang digunakan yang selanjutnya penyebutannya dituliskan dengan huruf A, B dan C. Matrik orthogonal yang digunakan adalah $L_{18}(2^1 \times 3^2)$ dimana akan dilakukan 18 kali eksperimen untuk tiap respon berupa *O-Ring* ukuran kecil sedang dan besar.

Tabel 2.1: Matrik Orthogonal $L_{18}(2^1 \times 3^2)$

Run	Faktor		
	A	B	C
1	TO	5	165
2	TO	5	175
3	TO	5	185
4	TO	10	165
5	TO	10	175
6	TO	10	185
7	TO	15	165
8	TO	15	175
9	TO	15	185
10	PPS	5	165
11	PPS	5	175
12	PPS	5	185
13	PPS	10	165
14	PPS	10	175
15	PPS	10	185
16	PPS	15	165
17	PPS	15	175
18	PPS	15	185

2.2 Pelaksanaan Eksperimen

2.2.1 Alat dan Bahan Penelitian

Bahan penelitian yang dibutuhkan antara lain kompon karet TO dan kompon karet PPS. Sedangkan alat-alat yang dibutuhkan dalam penelitian yaitu mesin *Power Press*, *mold* dengan cavity *O-Ring* ukuran kecil sedang dan besar, peralatan ukur berupa *caliper*, *thermocontrol*, dan *stopwatch*. Tak lupa alat pelindung diri berupa sarung tangan dan *safety shoes*. *Compression molding* merupakan salah satu teknik memproses material yang biasa dijumpai menggunakan mesin *press mold/power press* pada pengerjaannya (Robert A. Tatara, 2017) [4] sehingga mesin *power press* digunakan dalam pelaksanaan eksperimen pada penelitian ini.

2.2.2 Prosedur Pelaksanaan Eksperimen

Pelaksanaan eksperimen dimulai dengan menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan, kemudian dilanjutkan dengan memanaskan mesin agar mencapai suhu yang akan digunakan sesuai dengan perancangan eksperimen. Selanjutnya mulai menata kompon pada *mold* untuk dapat dimasukkan pada mesin yang sudah mencapai suhu yang dituju dan tak lupa untuk memasang *stopwatch* agar mendapat hasil yang tepat dan sesuai dengan perancangan eksperimen yang ditetapkan sebelumnya. Hal selanjutnya yaitu mengangkat *mold* dan mulai mengeluarkan kompon yang telah tervulkanisasi menjadi produk karet *O-Ring*. Kegiatan berikutnya yaitu melakukan pengukuran dimensi pada produk karet *O-Ring* hasil proses *Compression molding* dengan menggunakan *caliper* dan alat ukur lainnya untuk mendapat nilai perubahan dimensinya. Dalam pelaksanaan eksperimen ini tidak lupa untuk mencatat nilai perubahan dimensi *O-Ring* untuk mendapat data agar didapatkan nilai penyusutannya dengan menggunakan persamaan berikut [5].

$$S = \frac{L_0 - L}{L} \times 100 \% \quad (2.1)$$

Pelaksanaan ini dilakukan berulang 18 kali untuk tiap replikasinya sesuai dengan matrik orthogonal yang telah ditetapkan sebelumnya hingga terlaksanakan. Pelaksanaan eksperimen ini dilakukan 2 kali replikasi.

2.3 Pengolahan dan Analisis Data Eksperimen

Dalam pengolahan data menggunakan metode *Taguchi* secara garis besar dapat tuliskan sebagai berikut :

1. Perhitungan Nilai Rasio S/N
 Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan hasil analisa untuk menunjukkan nilai penyusutan kecil dari respon sehingga digunakan karakteristik rasio S/N *smaller-the-better*.
2. Perhitungan Parameter Optimum
 Dalam proses ini akan dilakukan perhitungan pengaruh faktor parameter terhadap variabel respon. Hasil dari perhitungan ini merupakan prediksi kombinasi parameter optimum yang sesuai dengan karakteristik rasio S/N *smaller-the-better* yang ditetapkan sebelumnya.
3. Interval Kepercayaan
 Perhitungan interval kepercayaan merupakan perhitungan hasil parameter optimum yang didapat sebelumnya untuk ditinjau dan dikonfirmasi apakah kombinasi diatas berada pada toleransi perkiraan yang sudah ditentukan.
4. Perhitungan *Analisis of Varian* (ANOVA)
 Analisa ANOVA yang sering dijumpai pemakaiannya untuk pengolahan data. Perhitungan ANOVA terdiri dari perhitungan

derajat kebebasan (DF), jumlah kuadrat (*Sum of Square*, SS), kuadrat tengah (*Mean of Square*, MS) dan F_{hitung} sehingga mendapatkan hipotesa H_0 H_1 dan secara kuantitatif memperkirakan persen kontribusi (p) dari setiap faktor pada semua pengukuran respon.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data dan Analisa Hasil Eksperimen

Data hasil eksperimen yang didapat dapat dilihat pada Tabel 3.1 untuk respon penyusutan produk karet *O-Ring* ukuran kecil, Tabel 3.2 untuk respon penyusutan produk karet *O-Ring* ukuran sedang, dan Tabel 3.3 untuk respon penyusutan produk karet *O-Ring* ukuran besar dibawah ini.

Tabel 3.1: Data Hasil Eksperimen *O-Ring* Ukuran Kecil

Run	Penyusutan (%)		Rasio S/N
	Rep. 1	Rep.2	
1	2.27	2.63	-7.806700781
2	2.05	2.34	-6.847601095
3	2.20	2.20	-6.848453616
4	1.98	2.04	-6.064888504
5	1.91	1.81	-5.39339608
6	1.95	2.20	-6.356093926
7	2.20	2.20	-6.848453616
8	2.34	2.24	-7.198779549
9	2.27	2.34	-7.254419812
10	2.27	1.91	-6.435020253
11	2.13	2.66	-7.638957313
12	2.41	2.88	-8.482661127
13	2.27	2.52	-7.597924504
14	2.13	2.27	-6.852848175
15	2.74	2.05	-7.675306081
16	2.08	2.51	-7.253602509
17	2.85	2.81	-9.035945611
18	1.98	2.85	-7.797010845

Tabel 3.2: Data Hasil Eksperimen *O-Ring* Ukuran Sedang

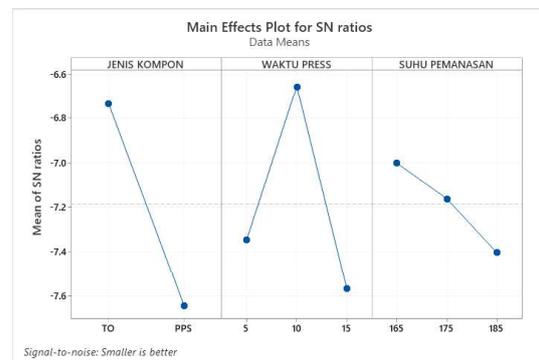
Run	Penyusutan (%)		Rasio S/N
	Rep. 1	Rep.2	
1	1.93	2.17	-6.249933022
2	2.17	1.81	-6.012449248
3	2.08	2.11	-6.423903178
4	2.06	2.30	-6.782269307
5	2.01	2.23	-6.538393754
6	1.59	1.57	-3.973315704
7	2.10	2.15	-6.547779746
8	1.71	1.88	-5.091016682
9	2.17	1.98	-6.34945572
10	2.03	2.42	-6.979830352
11	2.06	2.05	-6.256262234
12	2.06	1.69	-5.502100022
13	2.28	2.28	-7.15869694
14	1.83	1.76	-5.082939913
15	2.12	1.91	-6.097277716
16	2.03	2.03	-6.149920758
17	2.08	1.92	-6.027543072
18	2.07	1.91	-5.984074586

Tabel 3.3: Data Hasil Eksperimen *O-Ring* Ukuran Besar

Run	Penyusutan (%)		Rasio S/N
	Rep. 1	Rep.2	
1	2.07	1.96	-6.08873544
2	1.94	2.20	-6.336502152
3	1.99	1.95	-5.889772123

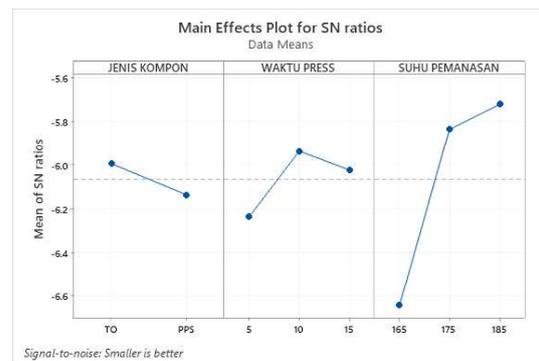
4	2.11	2.27	-6.814673735
5	1.95	2.08	-6.090017853
6	1.89	1.95	-5.667084734
7	2.32	2.10	-6.898591496
8	2.06	2.06	-6.277344407
9	2.51	1.82	-6.818063571
10	1.87	2.09	-5.946687313
11	1.96	2.14	-6.243439861
12	2.12	1.94	-6.158448829
13	2.06	1.86	-5.85641178
14	1.93	1.92	-5.688643976
15	2.06	1.89	-5.919378853
16	2.08	2.25	-6.715847178
17	2.34	1.81	-6.410624264
18	2.06	1.79	-5.709921789

Dari data di atas maka dilanjutkan dengan perhitungan parameter optimum yang hasilnya digambarkan pada grafik dibawah ini.



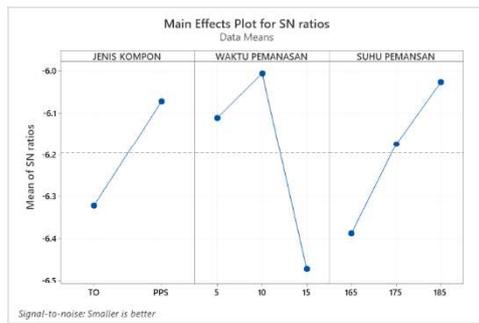
Gambar 3.1 Grafik Respon Penyusutan Parameter Optimum *O-Ring* Ukuran Kecil

Gambar diatas menunjukkan kombinasi parameter optimum untuk respon *O-Ring* ukuran kecil yang merupakan *output* perhitungan dengan *software* minitab.



Gambar 3.2 Grafik Respon Penyusutan Parameter Optimum *O-Ring* Ukuran Sedang

Gambar diatas menunjukkan kombinasi parameter optimum untuk respon *O-Ring* ukuran sedang.



Gambar 3.3 Grafik Respon Penyusutan Parameter Optimum O-Ring Ukuran Besar.

Gambar diatas menunjukkan kombinasi parameter optimum untuk respon O-Ring ukuran besar.

Setelah mendapatkan nilai parameter optimum maka dilanjutkan dengan perhitungan interval kepercayaan dengan tingkat kepercayaan 95%. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 3.4 dibawah ini.

Tabel 3.4: Interval Kepercayaan

Respon	Interval Kepercayaan
O-Ring Ukuran Kecil	-6.63482 ≤ -6.01681 ≤ -5.3988
O-Ring Ukuran Sedang	-6.29033 ≤ -5.63596 ≤ -4.98159
O-Ring Ukuran Besar	-6.0134 ≤ -5.71306 ≤ -5.41272

Perhitungan ANOVA yang didapatkan dalam penelitian ini tertera pada Tabel 3.5, 3.6 dan 3.7 dibawah ini dari masing-masing respon.

Tabel 3.5: Analysis of Variance O-Ring Ukuran kecil

Variance	DF	SS	MS	Fhitung	Ftabel
A	1	3.69058	3.69058	7.64524	4.7472
B	2	2.68941	1.34471	2.78563	3.8853
C	2	0.48949	0.24475	0.50701	3.8853
Error	12	5.79276	0.48273	-	-
Total	17	12.6622	-	-	-

Tabel 3.6: Analysis of Variance O-Ring Ukuran Sedang

Variance	DF	SS	MS	Fhitung	Ftabel
A	1	0.08962	0.08962	0.1656	4.7472
B	2	0.28343	0.14172	0.26185	3.8853
C	2	3.04172	1.52086	2.81015	3.8853
Error	12	6.4944	0.5412	-	-
Total	17	9.90921	-	-	-

Tabel 3.7: Analysis of Variance O-Ring Ukuran Besar

Variance	DF	SS	MS	Fhitung	Ftabel
A	1	0.27661	0.27661	2.42619	4.7472
B	2	0.71645	0.35823	3.1420	3.8853
C	2	0.39242	0.19621	1.72094	3.8853
Error	12	1.36814	0.11401	-	-
Total	17	9.90921	-	-	-

Dari nilai perhitungan ANOVA yang dapatkan, maka dilanjutkan dengan memperkirakan persen kontribusi (ρ) dari setiap faktor pada semua pengukuran respon. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3.8: Persen Kontribusi

Variance	Persen Kontribusi ρ (%)		
	O-Ring uk. kecil	O-Ring uk. sedang	O-Ring uk. besar
A	25.334	-4.5571	5.9050
B	13.6149	-8.0629	17.7376
C	-3.7589	19.7726	5.9700
Error	64.81	92.8474	70.3873
Total	100	100	100

3.2 Pembahasan

Dari hasil perhitungan parameter optimum, kombinasi yang ditunjukkan oleh Gambar 3.1 diketahui proses yang optimum didapatkan menggunakan jenis kompon TO, waktu *press* 10 menit dan suhu pemanasannya 165°C. Dengan nilai interval kepercayaan rata-rata proses optimum -6.01681 ± 0.61801 yang mana berada dalam *range* interval kepercayaan yang sudah ditentukan, kombinasi ini dapat diterapkan guna menghasilkan produk karet O-Ring dengan nilai penyusutan kecil pada proses *compression molding*. Sedangkan dari hasil perhitungan ANOVA pada Tabel 3.5, hipotesa yang didapatkan beserta persen kontribusinya tertera pada Tabel 3.9 dibawah ini.

Tabel 3.9: Hipotesa Respon O-Ring Ukuran Kecil

Faktor	Keputusan Hipotesa	ρ (%)
A	H ₀ Ditolak : ada pengaruh faktor jenis kompon terhadap nilai penyusutan produk karet O-Ring H ₀ Diterima :	25.334
B	tidak ada pengaruh faktor waktu press terhadap nilai penyusutan produk karet O-Ring H ₀ Diterima :	13.6149
C	tidak ada pengaruh faktor suhu pemanasan terhadap nilai penyusutan produk karet O-Ring	-3.7589

Dari hasil perhitungan parameter optimum, kombinasi yang ditunjukkan oleh Gambar 3.2 diketahui proses yang optimum didapatkan menggunakan jenis kompon TO, waktu *press* 10 menit dan suhu pemanasannya 185°C. Dengan nilai interval kepercayaan rata-rata proses optimum -5.63596 ± 0.65437 yang mana berada dalam *range* interval kepercayaan yang sudah ditentukan, kombinasi ini dapat diterapkan guna menghasilkan produk karet O-Ring dengan nilai penyusutan kecil pada proses *compression molding*. Sedangkan dari hasil perhitungan ANOVA pada Tabel 3.6, hipotesa yang didapatkan beserta persen kontribusinya tertera pada Tabel 3.10 dibawah ini.

Tabel 3.10: Hipotesa Respon O-Ring Ukuran Sedang

Faktor	Keputusan Hipotesa	ρ (%)
A	H ₀ Diterima : Tidak ada pengaruh faktor jenis kompon terhadap nilai penyusutan produk karet O-Ring	-4.5571
B	H ₀ Diterima : Tidak ada pengaruh faktor jenis kompon terhadap nilai penyusutan produk karet O-Ring	-8.0629
C	H ₀ Diterima :	19.7726

Tidak ada pengaruh faktor suhu pemanasan terhadap nilai penyusutan produk karet *O-Ring*

Dari hasil perhitungan parameter optimum, kombinasi yang ditunjukkan oleh Gambar 3.3 diketahui proses yang optimum didapatkan menggunakan jenis kompon PPS, waktu *press* 10 menit dan suhu pemanasannya 185°C. Dengan nilai interval kepercayaan rata-rata proses optimum -5.71306 ± 0.300343 yang mana berada dalam *range* interval kepercayaan yang sudah ditentukan, kombinasi ini dapat diterapkan guna menghasilkan produk karet *O-Ring* dengan nilai penyusutan kecil pada proses *compression molding*. Sedangkan dari hasil perhitungan ANOVA pada Tabel 3.7, hipotesa yang didapatkan beserta persen kontribusinya tertera pada Tabel 3.11 dibawah ini.

Tabel 3.11: Hipotesa Respon *O-Ring* Ukuran Besar

Faktor	Keputusan Hipotesa	p (%)
A	H ₀ Diterima : Tidak ada pengaruh faktor jenis kompon terhadap nilai penyusutan produk karet <i>O-Ring</i>	5.9050
B	H ₀ Diterima : Tidak ada pengaruh faktor jenis kompon terhadap nilai penyusutan produk karet <i>O-Ring</i>	17.7376
C	H ₀ Diterima : Tidak ada pengaruh faktor suhu pemanasan terhadap nilai penyusutan produk karet <i>O-Ring</i>	5.9700

4. KESIMPULAN

Dari hasil eksperimen dan analisis yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Parameter jenis kompon memberikan pengaruh pada penyusutan produk karet *O-Ring* ukuran kecil yang diuji dengan nilai kontribusi sebesar 25.334%, sedang parameter waktu *press* dan suhu pemanasan tidak memberikan pengaruh pada penyusutan produk karet *O-Ring* ukuran kecil yang diuji

dan nilai kontribusinya sebesar 13.6149% dan -3.7589%. Parameter jenis kompon, waktu *press* dan suhu pemanasan tidak memberikan pengaruh pada penyusutan produk karet *O-Ring* ukuran sedang yang diuji dengan masing-masing nilai kontribusinya sebesar -4.5571%, -8.0629% dan 19.776%. Parameter jenis kompon, waktu *press* dan suhu pemanasan tidak memberikan pengaruh pada penyusutan produk karet *O-Ring* ukuran besar yang diuji dengan masing-masing nilai kontribusinya sebesar 5.9050%, 17.7376% dan 5.9700%.

2. Kombinasi parameter yang optimum untuk mendapatkan nilai penyusutan karet *O-Ring* yang kecil yaitu menggunakan kombinasi jenis kompon TO, waktu *press* 10 menit dan suhu pemanasan 165°C, sedangkan untuk *O-Ring* ukuran sedang kombinsai yang digunakan yaitu jensi kompon TO, waktu *press* 10 menit dan suhu pemanasan 185°C, untuk *O-Ring* besar kombinasi yang digunakan yaitu jenis kompon PPS, waktu *press* 10 menit dan suhu pemanasan 185°C.

5. PUSTAKA

- [1] ARM Rubber *Molding* Guide. Ames Rubber Manufacturing, Inc. Los Angeles, California.
- [2] *O-Ring* Handbook. Catalogue Parker Hannifiin Corp. Palumbo Drive Lexington. Kentucky.
- [3] Soejanto, Irwan. (2009). **Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi**. Graha Ilmu. Surabaya.
- [4] Tatara, Robert A. (2017). *Compression molding*. In *Applied Plastics Engineering Handbook: Processing, Materials, and Applications: Second Edition*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-39040-8.00014-6>.
- [5] Santoso, Selamat T. (2014). **Proses produksi dan perawatan mesin injection molding**. Bekasi: Politeknik Gunakarya Indonesia.