

OPTIMALISASI PARAMETER PROSES INJEKSI PADA POLYPROPYLENE RECYCLE MATERIAL UNTUK MEMPEROLEH MINIMUM SHRINKAGE DAN SINK MARK DENGAN MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI

Ridwan Aji Yuwono^a, Cahyo Budiyanoro^b, Muhammmad Budi Nur Rahman^c
^aProgram Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
 Jalan Brawijaya, Geblagan Tamantirto, Kasihan, Bantul, DI Yogyakarta, Indonesia 55183
^aridwanaji95@gmail.com, ^bcahyo_budi@umy.ac.id, ^cbudinurrahman@umy.ac.id

Abstrak

Plastik merupakan bahan komersil yang banyak dijumpai pada kehidupan sehari-hari oleh masyarakat. Hal ini menjadikan masalah serius, oleh karena itu pengurangan plastik maupun produk gagal diolah kembali menjadi produk baru. Material *polypropylene* (PP) *recycle* merupakan bahan yang memiliki karakter berbeda terhadap *virgin material*. Penelitian ini bertujuan untuk optimalisasi produk untuk meminimalkan cacat, yaitu cacat *sink mark* dan *shrinkage*. Penelitian ini menggunakan metode Taguchi, untuk menentukan parameter dan level optimum. Hasil yang didapatkan pada cacat pada *shrinkage longitudinal* dengan parameter suhu 180 °C, waktu pendinginan 33 s, 130 bar pada tekanan hidrolik injeksi dihasilkan 0,9424 %. Pada cacat *shrinkage transversal* faktor optimumnya adalah 200 °C, waktu pendinginan 23 s, 125 bar pada tekanan hidrolik injeksi dihasilkan 3,5 %. Pada cacat *sink mark longitudinal* atas faktor optimumnya adalah 200 °C, waktu pendinginan 23 s, 135 bar pada tekanan hidrolik injeksi dihasilkan 0,620 mm. Pada cacat *sink mark longitudinal* bawah faktor optimumnya adalah 190 °C, waktu pendinginan 33 s, 125 bar pada tekanan hidrolik injeksi dihasilkan 0.6 mm. Pada cacat *sink mark transversal* atas faktor optimumnya adalah 200 °C, waktu pendinginan 23 s, 13 0bar pada tekanan hidrolik injeksi dihasilkan 0,0887 mm. Pada cacat *sink mark transversal* bawah faktor optimumnya adalah 200 °C, waktu pendinginan 33 s, 130 bar pada tekanan hidrolik injeksi dihasilkan 0,109 mm.

Kata kunci: *injection molding, parameters process, Taguchi method, polypropylene,*

Abstract

Plastic is a commercial material that is often found in daily life by the public. This makes a serious problem, therefore the reduction of plastic and products fail to be reprocessed into new products. Recycled polypropylene (PP) material is material that has a different character from virgin material. This study aims to optimize products to minimize defects, namely sink mark and shrinkage defects. This study uses the Taguchi method to determine the optimum parameters and levels. The results obtained are the optimum parameters and levels, the defects in longitudinal shrinkage with a temperature parameter of 180 0C, cooling time of 33 s, 130 bar at injection hydraulic pressure produced 0.9424%. In the transversal shrinkage defect the optimum factor is 200 0C, cooling time 23 s, 125 bar at the injection hydraulic pressure produced 3.5%. In the longitudinal sink mark defects the optimum factor is 200 0C, cooling time 23 s, 135 bar at the injection hydraulic pressure produced 0.620 mm. In the longitudinal sink mark defect below the optimum factor is 190 0C, the cooling time is 33 s, 125 bar at the injection hydraulic pressure produced 0.6 mm. The transversal sink mark defect of the optimum factor is 200 0C, cooling time 23 s, 13 0bar at the injection hydraulic pressure produced 0.0887 mm. In transversal sink mark defects under the optimum factor is 200 0C, cooling time 33 s, 130 bar at injection hydraulic pressure produced 0.109 mm.

Keywords: *injection molding, parameters process, Taguchi method, polypropylene*

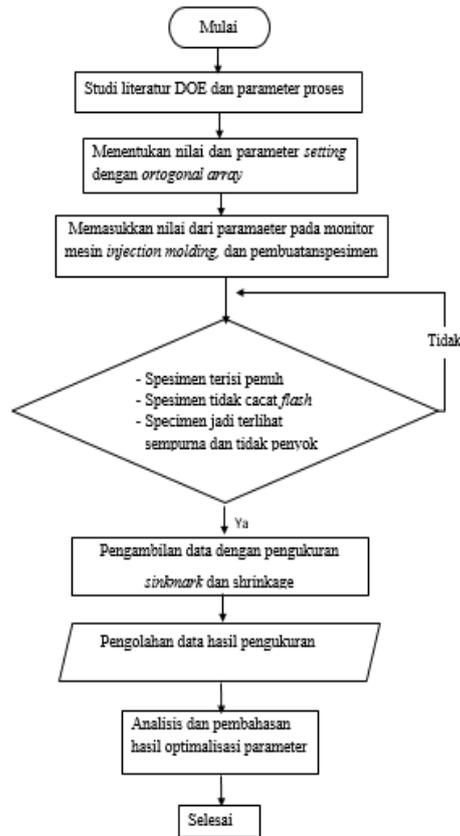
1. PENDAHULUAN

Produk yang mudah dan banyak digunakan adalah plastik. Plastik merupakan polimer yang dibangun atas satuan struktur secara berulang, kemudian polimer tersebut diikat oleh beberapa gaya tarik yang saling menarik sehingga akhirnya bentuk atau rupanya mengeras. Seiring waktu kegunaan plastik dibutuhkan diberbagai bidang, tak hanya kebutuhan masyarakat sebagai kebutuhan sehari-hari, bidang industri juga menggunakan plastik untuk menunjang kegiatan proses produksi (Steven, 2001). Berbagai macam jenis plastik, jenis plastik *polypropylene* yang paling digunakan dan tahan terhadap bahan kimia (Sahwan, 2005). Proses daur ulang *polypropylene* melalui beberapa tahap yang lumayan panjang sebelum menjadi produk jadi. Produk jadi yang dihasilkan melalui bahan daur ulang tidak terlalu sempurna dibanding dengan bahan *virgin material*, oleh karena itu dibutuhkan parameter yang berbeda. Penentuan parameter akan menghasilkan Optimalisasi parameter proses. cetak injeksi plastik secara rutin telah dilakukan dalam industri manufaktur, terutama dalam pengaturan parameter-parameter proses yang optimal dan juga hasil produk yang optimal (Mok dkk, 2002). Variasi parameter yang akan digunakan dalam optimalisasi berperan penting untuk menentukan hasil dan kualitas suatu produk (Kavade,2012) . Penelitian diatas menggunakan bahan *virgin*, penelitian yang dilakukan menggunakan bahan *recycle* dengan menggunakan metode Taguchi, maka penelitian ini dilakukan bertujuan untuk memberikan informasi lebih lanjut tentang optimalisasi parameter dan level menggunakan metode Taguchi pada *recycle polypropylene material*. Parameter yang digunakan adalah *temperature, cooling time, dan hydrolic injection pressure*.

2. METODE

Metode Taguchi melibatkan reduksi variasi dari proses melalui desain robust dari eksperimen. Tujuan utama dari metode ini adalah memproduksi produk yang *high quality* dengan *cost* yang rendah. Taguchi mengembangkan sebuah metode untuk mendesain eksperimen agar dapat menginvestigasi secara bersamaan pada faktor-faktor yang berpengaruh terhadap proses dan karakteristik produk dengan level yang divariasikan, hasil dari kombinasi variasi parameter akan dianalisa untuk menentukan seberapa besar pengaruh dari peningkatan atau penurunan kualitas dari parameter yang digunakan (Soejanto, 2009).

2.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 2.1 Diagram Alir Penelitian

Gambar 2.1 merupakan langkah-langkah yang dilakukan penelitian agar mencapai tujuan yang akan dicapai.

2.2 S/R (Signal Noise to Ratio)

Formula Rasio S/N untuk memilih nilai level faktor untuk mengoptimalkan karakteristik kualitas dari eksperimen. Oleh karenanya metode perhitungan rasio S/N tergantung pada karakteristik kualitas, apakah respon semakin kecil, semakin baik, semakin besar semakin baik, atau tertuju pada nilai tertentu (Soejanto, 2009). Penelitian ini menggunakan S/R ratio *Small is better* dengan persamaan

$$SN_{STB} = - 10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right] \dots\dots\dots (1)$$

dengan:

n: jumlah pengulangan dari suatu percobaan

yi: data pengamatan ke-i

2.3 ANOVA

Analisis ini merupakan teknik yang analisisnya dilakukan dengan menguraikan seluruh varians atas bagian-bagian yang diteliti. Penggunaan ANOVA bertujuan untuk membantu mengidentifikasi kontribusi suatu faktor sehingga dapat diketahui perkiraan akurasi pada suatu model. Analisis varian pada matriks orthogonal dilakukan dengan perhitungan yang berdasarkan jumlah kuadrat (*sum of square*) pada masing masing-kolom.

2.4 Menentukan Parameter Proses

Penentuan parameter dan level dimasukkan ke dalam tabel DOE yang terdiri dari *temperature*, *cooling time*, dan *injection hydrolic pressure*. Besarnya level yang ditentukan berasal dari perhitungan maupun MSDS dari bahan yang telah ditentukan:

1. Menentukan besarnya *temperature* yang digunakan berasal dari MSDS PP HI 10 HO pada tabel 1
2. Penentuan *cooling time* berasal dari perhiungan teoritis dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$S = \frac{-t^2}{2 \times \pi \times \alpha} \text{Log}_e \left[\frac{\pi}{4} \times \frac{(Tr - Tm)}{(Tc - Tm)} \right] \dots\dots\dots (2)$$

dengan

- S : *Cooling time* minimum (sec)
- t : Tebal *part* (mm)
- α : *Thermal diffusivity* Bahan (mm²/s)
- Tr : *Ejection* temperatur dari *part* (°C)
- Tc : Suhu silinder (°C)
- Tm : Suhu *mold* (°C)

Diketahui :

- t : 4 mm
- α : 0,1585 mm²/s
- Tr : 31 °C
- Tm : 35 °C
- Tc : 145 °C

$$S = \frac{-4^2 \text{mm}}{2 \times \pi \times 0,157 \text{ mm}^2/\text{s}} \text{Log}_e \left[\frac{\pi}{4} \times \frac{(93 - 35)}{(160 - 35)} \right] = 12,718 \text{ sec}$$

3. Penentuan level *injection hydrolic pressure* menggunakan perhitungan teoritis dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$Ph = \frac{Ps \times As}{Ah} \dots\dots\dots (3)$$

dengan :

- Ph = *Pressure Hydrolic* (bar)
- Ps = *Pressure Screw* (bar)
- As = *Luas Screw* (mm²)
- Ah = *Luas Hydrolic* (mm²)

Berikut perhitungan tekanan hidrolik injeksi

Diketahui :

- Ps : 600 bar
- As : 28 mm
- Ah : 140 mm

$$Ph = \frac{600 \text{ bar} \times 28 \text{ mm}}{140 \text{ mm}} = 120 \text{ bar}$$

Setelah perhitungan, didapatkan level dari masing-masing parameter. Berikut parameter dan level yang ditentukan:

Tabel 2 1 Parameter dan level

Parameter	Level 1	Level 2	Level 3
<i>Temperature</i>	180	190	200
<i>Cooling time</i>	13	23	33
<i>Injection pressure</i>	125	130	135

2.4 Pemilihan Parameter dan Level

Hasil perhitungan parameter dan teoritis MSDS menghasilkan level pada masing-masing parameter yang kemudian level tersebut diacak menggunakan metode Taguchi. Berikut tabel parameter dan level yang diacak:

Tabel 2.2 Parameter dan Level yang diacak

Percobaan	Temperature (°C)	Cooling time (s)	Injection hydrolic pressure (bar)
1	180	13	125
2	180	23	130
3	180	33	135
4	190	13	130
5	190	23	135
6	190	33	125
7	200	13	135
8	200	23	125
9	200	33	130

Tabel 2.2 dimasukkan kedalam mesin *injection molding* untuk menghasilkan produk untuk selanjutnya diukur menghasilkan produk optimal.

3. HASIL DAN ANALISA

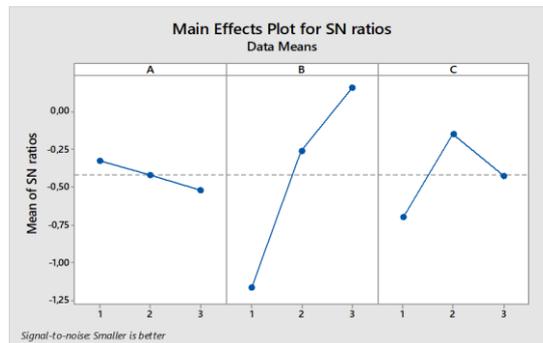
3.1 Pengukuran *Shrinkage Longitudinal*

Pengukuran *shrinkage* menggunakan alat jangka sorong. Hasil yang didapat merupakan hasil penyusutan selisih dari ukuran *mold* dan produk setelah pendinginan.



Gambar 31 Bagian Longitudinal

Hasil S/R ratio ditunjukkan pada grafik dibawah:

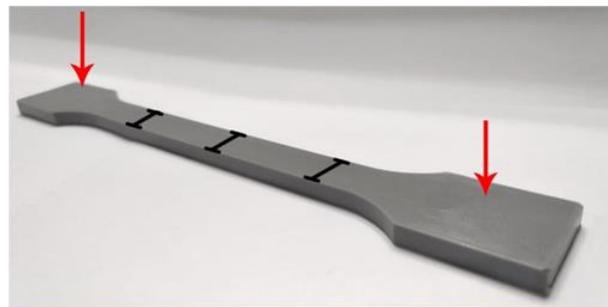


Gambar 3.2 Grafik Shrinkage longitudinal untuk dimensi persen

Gambar 3.2 menunjukkan grafik S/R ratio optimal dengan menggunakan *small is better*.

3.2 Pengukuran *Shrinkage transversal*

Bagian transversal di ukur pada 3 bagian yang kemudian hasil tersebut dirata-rata, berikut posisi yang diukur



Gambar 3.3 Bagian transversal



Gambar 3.4 Grafik S/R Ratio shrinkage transversal

Gambar 3.4 adalah grafik hasil S/R ratio *shrinkage transversal*. Grafik tersebut menunjukkan suhu level 3 sangat berpengaruh.

3.3 Pengukuran *sink mark longitudinal atas*

Pengukuran cacat *sink mark* menggunakan *dial gauge*. Posisi pengukuran *sink mark* bagian atas terdapat pada Gambar 3.3. Berikut grafik S/R yang dihasilkan.

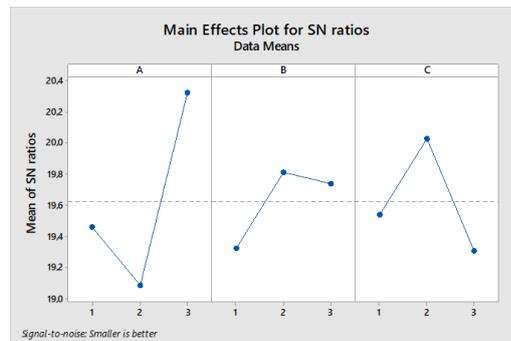


Gambar 3.5 Grafik S/R Ratio Sink Mark longitudinal atas

Gambar 3.5 hasil S/R dari *small is better*, menunjukkan bahwa parameter suhu dan *injection hydrolic pressure* berpengaruh.

3.4 Pengukuran *sink mark transversal* atas

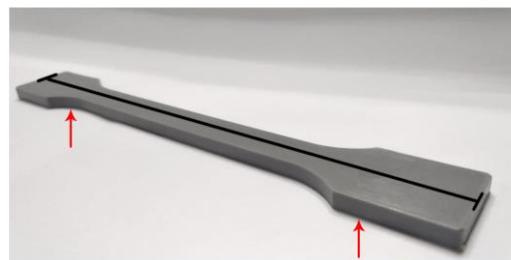
Pengukuran cacat *sink mark* transversal menggunakan *dial gauge*. Posisi pengukuran *sink mark* ada 3 bagian pada bagian atas terdapat pada Gambar 3.3. Berikut grafik S/R yang dihasilkan:



Gambar 3.6 Grafik S/R Ratio Sink Mark Transversal Atas

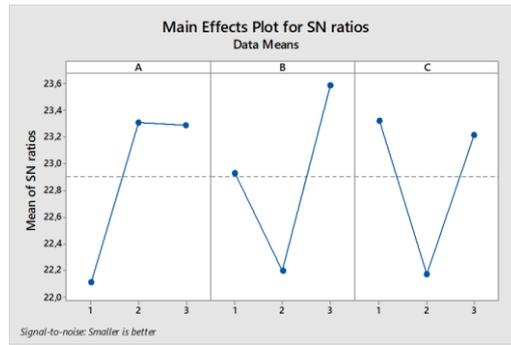
3.5 Pengukuran *sink mark longitudinal* bawah

Pengukuran ini terdapat pada bagian bawah spesimen, berikut gambar spesimen bagian bawah:



Gambar 3.7 bagian bawah longitudinal

Berikut grafik S/R ratio yang dihasilkan

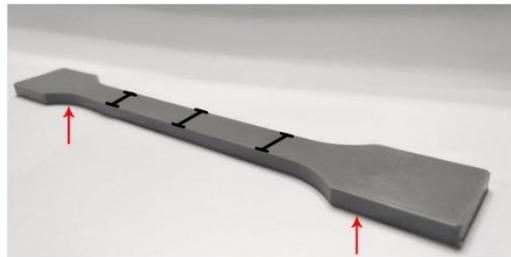


Gambar 3.8 Grafik S/R longitudinal bawah

Gambar 10 tersebut menggambarkan ada nilai optimum pada setiap parameter dari pengukuran

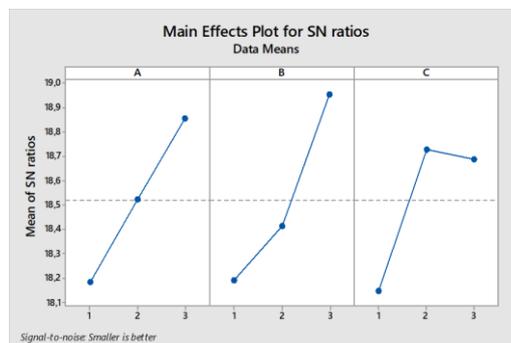
3.6 Pengukuran *sink mark transversal* bawah

Bagian yang diukur terdapat 3 bagian dibawah spesimen, berikut gambar spesimen bagian bawah:



Gambar 3.9 Bagian Bawah transversal

Berikut hasil *S/R ratio* yang dihasilkan pada cacat *sink mark transversal* bawah



Gambar 3.10 Grafik *Sink mark* Transversal bawah

Gambar 3.12 menunjukkan bahwa parameter *cooling time* berpengaruh pada cacat *sink mark* transversal bawah.

3.7 Tabel Hasil S/R Ratio dan ANOVA

Pengukuran yang dihasilkan diolah menggunakan metode Taguchi, yaitu S/R maupun ANOVA. Berikut Parameter dan level beserta nilai penyimpangannya

Gambar 3.11 Parameter dan level Optimum

Respon	Temperature	Cooling time	Injection hydrolic pressure	Rata-Rata
Shrikage longitudinal	180	33	130	0,9424
Shrikage transversal	200	23	125	3,5
Sinkmark longitudinal atas	200	23	135	0,062
Sinkmark longitudinal bawah	190	33	125	0,06
Sinkmark transversal atas	200	23	130	0,0887
Sinkmark transversal bawah	200	33	130	0,109

Gambar 3.12 Parameter Optimal ANOVA

Rank	Shrinkage longitudinal	Shrinkage transversal	Sinkmark longitudinal atas	Sinkmark longitudinal bawah	Sinkmark transversal atas	Sinkmark transversal bawah
1	Cooling time	Temperature	Temperature	Cooling time	Temperature	Cooling time
2	Injection pressure	Injection pressure	Injection pressure	Temperature	Injection pressure	Temperature
3	Temperature	Cooling time	Cooling time	Injection pressure	Cooling time	Injection pressure

Tabel 3.14 menunjukkan urutan parameter paling optimal hingga tidak optimal dengan metode ANOVA

3.8 Eksperimen Konfirmasi

Konfirmasi merupakan perhitungan yang tidak sesuai dengan OA yang kemudian akan dikonfirmasi hasilnya pada pengukuran yang sudah dilakukan. Pada pengukuran yang berbeda pada OA adalah *shrinkage longitudinal*, *sink mark longitudinal* atas, dan *sink mark transversal* atas.

Gambar 3.13 Tabel CI Shrinkage Longitudinal

	Eksperimen taguchi (SNR)	Eksperimen konfirmasi (SNR)
Prediksi	0,528	0,895
Optimasi	0,528±0,226 7	0,895±1,355

Pada tabel 3.15 konfirmasi bertambah 1,355

Gambar 3.14 Tabel CI sink mark longitudinal atas

	Eksperimen taguchi (SNR)	Eksperimen konfirmasi (SNR)
Prediksi	25,08	25,324
Optimasi	25,08±0,958	25,324±1,811

Pada tabel 3.16 pada cacat *sink mark longitudinal* atas terkonfirmasi.

Gambar 3.15 Tabel CI *sink mark transversal* atas.

	Eksperimen taguchi (SNR)	Eksperimen konfirmasi (SNR)
Prediksi	20,91	22,46
Optimasi	20,91±1,04	22,46±1,98

Tabel 3.17 menunjukkan konfirmasi cacat *sink mark transversal* atas bertambah, yang artinya ada kenaikan kualitas pada produk.

4. Kesimpulan

1. Berdasarkan indentifikasi parameter atau faktor yang berpengaruh terhadap cacat shrinkage dan sink mark adalah suhu (*temperature*), waktu pendinginan (*cooling time*), dan tekanan hidrolik injeksi (*injection hydrolic pressure*).
2. Nilai kombinasi optimum dari tiap percobaan berbeda-beda, pada shrinkage longitudinal dengan parameter suhu 180 °C, waktu pendinginan 33 s, 130 bar pada tekanan hidrolik injeksi dan hasil penyimpangan 0,9424 % . Pada cacat shrinkage transversal faktor optimumnya adalah 200 °C, waktu pendinginan 23 s, 125 bar pada tekanan hidrolik injeksi dan hasil penyimpangan 3,5 % . Pada cacat sink mark longitudinal atas faktor optimumnya adalah 200 °C, waktu pendinginan 23 s, 135 bar pada tekanan hidrolik injeksi dan hasil penyimpangan 0,062 mm. Pada cacat sink mark longitudinal bawah faktor optimumnya adalah 190 °C, waktu pendinginan 33 s, 125 bar pada tekanan hidrolik injeksi dan hasil penyimpangan 0,06 mm. Pada cacat sink mark transversal atas faktor optimumnya adalah 200 °C, waktu pendinginan 23 s, 130 bar pada tekanan hidrolik injeksi dan hasil penyimpangan 0,0887 mm . Pada cacat sink mark transversal bawah faktor optimumnya adalah 200 °C, waktu pendinginan 33 s, 130 bar pada tekanan hidrolik injeksi dan hasil penyimpangan 0,109 mm.
3. Interval kepercayaan (CI) hanya dihitung pada cacat *shrinkage longitudinal*, *sink mark longitudinal* atas, dan *sink mark transversal* atas karena level parameter tidak sama dengan tabel orthogonal array (OA).

REFERENSI

- [1] Stevens, M.P. kimia Polimer . Terj dari Polymer Chemistry: An Introduction, oleh lis Sopyan. PT Pradnya Paramita. Jakarta.2001. 669 hal.
- [2] Sahwan, F. L., Martono, D. H., Wahyono, S., & Wisoyodharmo, L. A. *Sistem Pengelolaan Limbah Plastik di Indonesia*. *Jurnal Sistem Pengolahan Limbah J. Tek. Ling. P3TL-BPPT*. 2005 6(1), 311–318.
- [3] Mok, S. L., & Kwong, C. K. *Application of artificial neural network and fuzzy logic in a case-based system for initial process parameter setting of injection molding*. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 2002. 13(3), 165–176
- [4] Kavade, M. V. *Parameter Optimization of Injection Molding of Polypropylene by using Taguchi Methodology*. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 2012.4(4), 49–58.
- [5] Soejanto, I. *Desain Eksperimen Dengan Metode Taguchi (Edisi pert)*. Yogyakarta: GRAHA ILMU. 2009