

APLIKASI METODE TAGUCHI ANALYSIS DAN FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) UNTUK PERBAIKAN KUALITAS PRODUK DI PT. XYZ

Adi iswanto¹, A.Jabbar M.Rambe², Elisabeth Ginting³

Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara

Jl. Almamater Kampus USU, Medan 20155

Email: adiiswanto46@yahoo.co.id¹

Email: a.jabbar@usu.ac.id²

Abstrak. PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dibidang produksi lolly dan cup plastik. Produk lolly yang dihasilkan oleh perusahaan ini sering mengalami kecacatan dan tidak sesuai dengan standar yang telah ditetapkan, bahkan jumlah produk cacat melebihi toleransi yang diberikan oleh perusahaan. Ketatnya persaingan saat ini memaksa perusahaan harus membuat suatu konsep rencana yang berorientasi kepada kualitas produk yang akan menjadi suatu keunggulan yang dapat dipergunakan untuk menghadapi persaingan. Pentingnya kualitas merupakan salah satu alasan melakukan penelitian terhadap kualitas produk yang dihasilkan oleh perusahaan tersebut. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana produk lolly telah memenuhi spesifikasi yang telah distandarkan perusahaan dan untuk mengetahui dan menganalisis faktor-faktor yang menyebabkan penyimpangan kualitas produk. Metode yang digunakan adalah Metode Taguchi Analysis dan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) untuk memberikan rekomendasi tindakan perbaikan yang tepat. Hasil analisa taguchi diolah dengan menggunakan S/N Ratio dan analisis varians. Hasil penelitian menunjukan faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap kualitas produk lolly adalah suhu pendingin produk pada level 1 dengan suhu 14⁰ C, kecepatan injeksi angin pada level 2 dengan kecepatan 25 m/s dan suhu injeksi bahan baku ke dalam cetakan pada level 1 dengan kecepatan 220 m/s. Hasil penerapan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) diperoleh faktor yang paling berpengaruh dan paling besar penyebab kegagalan proses produksi yaitu suhu pendingin produk yang terlalu tinggi dengan nilai RPN terbesar 192.

Kata kunci: Kualitas, Metode Taguchi analysis, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Abstract. PT. XYZ is a company engaged in the production of lolly dan a plastic cup. Lolly products produced by this company often have a disability and are not in accordance with the standards that has set an even amount of product defects exceeding the tolerances provided by the company. Competition is now forcing companies to make a concept plan oriented to quality products that will be an advantage that can be used to face the competition. The importance of quality is one reason for doing research on the quality of the products produced by the company. The purpose of this study was to determine the extent to which the product meets the specifications lolly standardized enterprise and to identify and analyze the factors that lead to product quality deviations. Taguchi method and the method of analysis Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) used to recommend appropriate remedial action. Taguchi analysis results processed using the S / N ratio and analysis of variance. Based on the results of the study found that the factors that significantly affect the quality of the product is the coolant temperature lolly products at level 1 with a temperature of 140 C, injection speed of the wind at level 2 with a speed of 25 m / s and the temperature of the raw material into the injection mold at level 1 with a speed of 220 m / s and results Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) also obtained the most influential factor and most of the causes of the failure of the production process that the coolant temperature is too high product value greatest RPN 192.

Keywords: Quality, Taguchi Method Analysis, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

1. PENDAHULUAN

Kualitas adalah suatu ukuran seberapa jauh suatu produk memenuhi persyaratan atau spesifikasi kualitas yang telah ditetapkan. Konsep kualitas sering dianggap sebagai ukuran relatif kebaikan suatu produk atau jasa. Kualitas merupakan salah satu jaminan yang diberikan dan harus dipenuhi oleh perusahaan kepada konsumennya, karena kualitas suatu produk merupakan salah satu kriteria penting yang menjadi pertimbangan pelanggan dalam memilih produk. Kualitas juga merupakan salah satu indikator penting bagi perusahaan untuk dapat bertahan di tengah ketatnya persaingan dalam dunia industri. Oleh karena itu, diperlukan perbaikan dan peningkatan kualitas secara terus-menerus dari perusahaan sesuai dengan spesifikasi dan kebutuhan pelanggan. Melihat akan pentingnya jaminan kualitas terhadap suatu produk, maka perlu dilakukan kajian terhadap strategi yang dapat memberikan jaminan kualitas terhadap mutu suatu produk, yaitu strategi yang mampu mengendalikan serta meningkatkan kualitas mutu produk.

PT. XYZ merupakan sebuah perusahaan yang bergerak di bidang produksi lolly & cup plastik. Produk yang dihasilkan sering melebihi toleransi kecacatan yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Dari 40.000 pcs perhari produk yang dihasilkan terjadi kecacatan hingga 1600 pcs atau 4%, dimana toleransi kecacatan yang ditetapkan perusahaan adalah $\pm 2 - 3\%$. Adapun atribut dari produk lolly yang diamati adalah berat lolly, lolly bergaris dan lolly pecah, yang mengalami penyimpangan dari ukuran yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Hal tersebut menyebabkan kerugian baik waktu maupun biaya untuk memproduksi kembali produk yang cacat, sehingga perlu dilakukan penelitian terhadap faktor-faktor yang menyebabkan hasil produk tidak sesuai dengan standar spesifikasi perusahaan untuk mengurangi tingkat kecacatan yang ada. Salah satu metode yang digunakan untuk mencari solusinya adalah dengan menggunakan metode *Taguchi* dan metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*).

Penelitian terdahulu menggunakan metode Taguchi untuk meningkatkan mutu produk plastik telah dilakukan oleh Moh. Hartono (2012), yang hasil penelitiannya menyatakan peningkatkan mutu produk plastik dapat diperoleh dengan mengkombinasikan plastik hasil daur ulang dan bijih plastik murni, tekanan dan temperatur yang sesuai. Dengan desain Eksperimen Taguchi, diperoleh komposisi terbaik untuk campuran material guna mendapatkan mutu terbaik yaitu terdiri dari bijih plastik murni sebanyak 70% dan plastik hasil daur ulang sebanyak 30% dari volume produk yang

dihasilkan. Sebelumnya dilakukan pengujian dengan komposisi plastik daur ulang 70% dan bijih plastik murni 30% menjadikan plastik getas dan mudah patah bila dilakukan uji tarik.

Penelitian terdahulu menggunakan metode *failure mode and effect analysis* (FMEA) untuk perbaikan produksi *muffler* telah dilakukan oleh Rachmat Firdaus, ST, MT dkk (2010). Hasil penelitiannya menyatakan metode FMEA bisa diterapkan pada industri kecil terutama pengrajin logam dimana produk yang dihasilkan membutuhkan proses yang banyak. Pada produk yang pembuatannya mengalami banyak proses, pengrajin akan sulit sekali mengontrol jumlah produk cacat yang dihasilkan, selain kesulitan mengambil tindakan mana yang lebih prioritas dan langkah apa yang dilakukan. Dengan adanya penerapan metode FMEA ini pengrajin lebih mudah mengendalikan proses produksi agar produk cacat dapat diminimalkan dengan tepat.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT. XYZ yaitu perusahaan yang berstatus swasta nasional yang bergerak di bidang industri kemasan plastik yang berlokasi di Tanjung Morawa Deli Serdang

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian Eksperimen. Penelitian eksperimen bertujuan untuk menyelidiki hubungan sebab-akibat dan berapa besar hubungan tersebut dengan cara mengenakan perlakuan pada satu atau lebih kelompok eksperimen dan membandingkan hasilnya dengan satu atau lebih kelompok kontrol. Objek yang diteliti adalah produk akhir yang ditinjau dari berat lolly, lolly pecah dan lolly bergores yang tidak memenuhi standar perusahaan selama proses produksi berlangsung.

Tahap pertama penelitian adalah melakukan tahap-tahap *taguchi analysis* yaitu menentukan variabel tak bebas, identifikasi faktor-faktor, penentuan jumlah level, perhitungan derajat kebebasan, pemilihan matriks orthogonal, penempatan kolom untuk faktor-faktor dan interaksi ke dalam matriks ortogonal, perhitungan efek faktor utama, perhitungan dengan *signal noise to ratio*, perhitungan varians, pooling up faktor, perhitungan persen kontribusi, dan perhitungan interval kepercayaan mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas produk dalam pencapaian target. Dan kemudian *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* untuk memberikan rekomendasi tindakan perbaikan yang tepat. Variabel yang digunakan dalam penelitian adalah suhu injeksi

bahan baku, suhu pendingin produk, kecepatan putaran cetakan, kecepatan injeksi angin.

Teknik Pengambilan Sampel yang digunakan adalah *simple random sampling*, yaitu dengan mendaftarkan seluruh anggota populasi dan diambil dengan cara random. Perhitungan jumlah sampel dilakukan dengan menggunakan rumus slovin, dan diperoleh jumlah sampel 396 pcs / hari. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah ceklist dimana setiap ada kecacatan yang ada pada produk akan dicatat yang akan digunakan sebagai data dalam penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Metode Taguchi

Variabel tak bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah kualitas produk lolly. Karakteristik yang digunakan yaitu *smaller the better* yang berarti bahwa berkurangnya jumlah produk yang cacat maka akan semakin baik kualitasnya.

Variabel-variabel yang teridentifikasi merupakan faktor yang sangat mempengaruhi kualitas lolly yang mengakibatkan produk tersebut cacat. Faktor-faktor tersebut adalah:

- Suhu injeksi bahan baku *injection molding* yang berfungsi untuk meleburkan bahan baku yang akan dicetak.
- Suhu pendingin produk yang berfungsi untuk mendinginkan produk setelah keluar dari cetakan.
- Kecepatan putaran cetakan *injection molding* untuk mencetak bahan baku.
- Kecepatan injeksi angin *injection molding* untuk menginjeksikan angin agar produk jadi tidak lengket pada lembaran bahan baku.

Banyaknya level yang dipilih dan nilainya tergantung pada pengetahuan terhadap proses atau produk. Level faktor yang digunakan dalam eksperimen berdasarkan observasi langsung pada departemen produksi yang berkaitan dengan batas-batas yang telah ditetapkan dan wawancara terhadap operator atau bisa juga diperoleh dari keadaan yang sebenarnya di pabrik.

3.2. Perhitungan Derajat Kebebasan

Perhitungan derajat kebebasan dilakukan untuk menghitung jumlah minimum penelitian yang harus dilakukan untuk menyelidiki faktor yang diamati. Perhitungan derajat kebebasan dan kombinasi yang diusulkan nantinya akan mempengaruhi pemilihan dalam tabel matriks *orthogonal*.

$$\text{dof untuk faktor } X = \eta_x - 1$$

Dalam penelitian ini terdapat 4 faktor dan 2 level yaitu:

- Faktor A adalah suhu injeksi = 2 level
- Faktor B adalah suhu pendinginan = 2 level
- Faktor C adalah kecepatan putaran = 2 level
- Faktor D adalah kecepatan injeksi = 2 level

Tabel 1. Penentuan jmlah dan hasil nilai faktor

Kode	Faktor Kontrol	Level 1	Level 2
A	Suhu injeksi bahan baku	220°C	250°C
B	Suhu pendingin produk	14°C	20°C
C	Kecepatan putaran cetakan	25 m/s	35 m/s
D	Kecepatan injeksi angin	15 m/s	25 m/s

Tabel 2. Perhitungan Derajat Kebebasan

Faktor	Derajat Kebebasan (dof)	Hasil
A	2 – 1	1
B	2 – 1	1
C	2 – 1	1
D	2 – 1	1
Total Derajat Kebebasan (dof)		4

3.3. Pemilihan Matriks *Orthogonal*

Jumlah derajat kebebasan dalam penelitian ini yaitu 4 berada diantara jumlah derajat kebebasan 4 – 7 yang berarti bahwa matriks *orthogonal* yang digunakan adalah $L_8(2^7)$ sesuai pada pemilihan *orthogonal array* pada Tabel 3. Susunan matriks *orthogonal* L_8 dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3. Pemilihan *Orthogonal Array* dengan Jumlah Derajat Kebebasan yang Sesuai

Jumlah dof	<i>Orthogonal Array</i> (OA)
2 – 3	L_4
4 – 7	L_8
8 – 11	L_{12}
12 – 15	L_{16}

Tabel 4. Matriks *Orthogonal Array*

Eks p e r i m e n	Matriks <i>Orthogonal</i> L ₈ (2 ⁷)							frekuensi <i>reject</i>		Rat a- rata <i>Rej ect</i> (N) kali
	Faktor							<i>pcs</i>		
	A	B	C	D	E	E	E	1	2	
1	1	1	1	1	1	1	1	60	72	66
2	1	1	1	2	2	2	2	72	66	69
3	1	2	2	1	1	2	2	58	46	52
4	1	2	2	2	2	1	1	66	62	64
5	2	1	2	1	2	1	2	72	56	62
6	2	1	2	2	1	2	1	57	73	65
7	2	2	1	1	2	2	1	50	48	49
8	2	2	1	2	1	1	2	69	55	62

3.4. Perhitungan Efek Faktor Utama

Untuk mengidentifikasi pengaruh level dari faktor terhadap kualitas produk lolly maka dilakukan perhitungan nilai rata-rata tiap level dengan rumus:

$$X_n = (y_1 + y_2 + \dots + y_n) / n \quad (1)$$

Analisa SNR digunakan untuk memilih faktor-faktor yang memiliki kontribusi pada pengurangan variansi suatu respon dan untuk mengetahui level faktor mana yang berpengaruh pada hasil eksperimen. Untuk melihat faktor yang berpengaruh pada variasi karakteristik kualitas, data ditransformasikan ke dalam bentuk rasio S/N (*Signal to Noise Ratio*) dengan karakteristik semakin kecil semakin baik (*Smaller the Better*).

Rumus yang digunakan untuk menghitung *Signal to Noise Ratio* adalah sebagai berikut:

$$MSD = N^2$$

$$S/N = -10 \log_{10} (MSD) \quad (2)$$

Untuk mengidentifikasi pengaruh level dari faktor terhadap kualitas produk lolly maka dilakukan perhitungan nilai rata-rata tiap level,

$$SSA = \left[\sum_{j=1}^{KA} \left(\frac{A_{ij}^2}{n} \right) \right] - \frac{T^2}{N} \quad (3)$$

Rata-rata kuadrat dihitung dengan rumus:

$$\text{Mean Square} = \frac{\text{Sum of Square}}{\text{dof}} \quad (4)$$

Jumlah kuadrat total dihitung dengan rumus:

$$SS_T = \sum y^2 \quad (5)$$

Kuadrat karena rata-rata dihitung dengan rumus:

$$S_m = n, \bar{y}^2 \quad (6)$$

Jumlah kuadrat *error* dihitung dengan rumus:

$$SS_{\text{faktor}} = SS_A + SS_B + SS_C + SS_D \quad (7)$$

$$SS_e = SS_T - SS_m - SS_{\text{faktor}} \quad (8)$$

3.5. Pooling up faktor

Penentuan *error* ini dilakukan dengan metode *pooling up* yaitu mengumpulkan faktor-faktor yang tidak signifikan sebagai *error*. Pada *pooling up* dilakukan dengan ketentuan nilai $MS_{\text{hitung}} \leq MS_{\text{error}}$.

Tabel 5. Analisa varians penggabungan

Sumber	Dof	SS	MS
A	1	21,125	21,125
B	1	153,125	153,125
C	Pooling terhadap faktor C		
D	1	120,125	120,125
Error	5	46,495	9,295
Total	8	340,88	-

3.6. Perhitungan Persen Kontribusi

Perhitungan persen kontribusi untuk masing-masing faktor dan karakteristik kualitas dapat dihitung dengan rumus:

$$P = \frac{SS_{\text{faktor}}}{SS_T} \times 100\% \quad (9)$$

Sebelum persen kontribusi dihitung terlebih dahulu

dihitung SS^1 dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$SS'_{\text{faktor}} = SS_{\text{faktor}} - MS_e (\text{dof}_{\text{faktor}}) \quad (10)$$

Tabel 6. Persen Kontribusi

Sumber	Dof	SS	MS	SS'	p (%)
A	1	21,125	21,125	19,853	5,8
B	1	153,125	153,125	137,65	40,3
D	1	120,125	120,125	108,20	31,7
Error	5	46,495	9,295	-	-
Total	8	340,88	-	-	-

Faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap kualitas produk lolly yang optimum yaitu: Faktor A level 1, faktor B level 1, dan faktor D level 2 sehingga model persamaan rata-rata kualitas produk lolly menurut Glen Stuart Peace adalah sebagai berikut:

$$\mu_{\text{prediksi}} = \bar{T} + (\bar{A}_{\text{level 1}} - \bar{T}) + (\bar{B}_{\text{level 1}} - \bar{T}) + (\bar{D}_{\text{level 2}} - \bar{T}) \quad (11)$$

3.7. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Pembuatan FMEA bertujuan untuk mengidentifikasi dan menilai resiko-resiko yang berhubungan dengan potensi kegagalan. Tahap-tahap pembuatan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) yaitu sebagai berikut.

Adapun proses Analisis dengan FMEA adalah memeriksa faktor kegagalan proses produksi. Dimana faktor kegagalan produksi yaitu merupakan variabel-variabel bebas yang teridentifikasi yang mengakibatkan produk cacat .

Adapun faktor-faktor kegagalan produksi yaitu :

1. Suhu injeksi bahan baku (injection molding) yang terlalu tinggi
2. Suhu pendingin produk yang terlalu tinggi
3. kecepatan putaran cetakan terlalu tinggi
4. kecepatan injeksi angin yang terlalu rendah

Dari keempat jenis kegagalan yang ada, maka dapat ditemukan efek yang dapat ditimbulkan bila kegagalan ini ditemukan, yaitu sebagai berikut:

1. Terjadinya penyumbatan pada ujung injeksi dikarenakan suhu injeksi bahan baku yang terlalu tinggi
2. Banyaknya produk cacat dikarenakan suhu pendingin produk yang terlalu tinggi
3. Bahan yang diinjeksi banyak yang tidak tepat masuk dalam cetakan dikarenakan kecepatan putaran cetakan terlalu tinggi
4. kecepatan injeksi angin yang terlalu rendah menyebabkan lolly pecah

Adapun alasan pemberian nilai adalah sebagai berikut:

1. Terjadinya penyumbatan pada ujung injeksi dikarenakan suhu injeksi bahan baku yang terlalu tinggi memiliki efek yang ditimbulkan yaitu mengganggu proses produksi diberikan nilai 7.
2. Banyaknya produk cacat dikarenakan suhu pendingin produk yang terlalu tinggi, memiliki efek yang ditimbulkan yaitu mengganggu fungsi produk diberikan nilai 8.
3. Bahan yang diinjeksi banyak yang tidak tepat masuk dalam cetakan dikarenakan kecepatan putaran cetakan terlalu tinggi, memiliki efek yang ditimbulkan yaitu mengganggu fungsi produksi diberikan nilai 7.
4. kecepatan injeksi angin yang terlalu rendah menyebabkan lolly pecah, memiliki efek yang ditimbulkan yaitu mengganggu fungsi produksi diberikan nilai 8.

Adapun alasan pemberian nilai peluang kegagalan (*Occurrence, O*)

1. Lubang injeksi tersumbat karena tidak adanya perawatan secara berkala terhadap mesin diberikan nilai 6, dikarenakan penyebab ini

terjadi sekali dalam kurang lebih 60-70 pengamatan.

2. Standar kualitas bahan baku yang tidak jelas diberikan nilai 8, dikarenakan penyebab ini dapat ditemukan terjadi sekali dalam kurang lebih 5-10 pengamatan.
3. Perusahaan tidak menetapkan tata cara pengerjaan yang baku/*Standard Operational Procedures* (SOP) diberikan nilai 5, dikarenakan penyebab ini dapat ditemukan terjadi sekali dalam kurang lebih 200-300 pengamatan.
4. Standar kualitas bahan baku yang tidak jelas diberikan nilai 7, dikarenakan penyebab ini dapat ditemukan terjadi sekali dalam kurang lebih 15-20 pengamatan.

Tabel 7. FMEA Terhadap Proses dengan Nilai RPN

Jenis Kegagalan Proses	Efek yang Ditimbulkan oleh Kegagalan	S	Penyebab Kegagalan Pada Proses	O
Suhu injeksi bahan baku yang terlalu tinggi	Terjadinya penyumbatan pada ujung injeksi	7	Lubang injeksi tersumbat karena tidak adanya perawatan secara berkala terhadap mesin	6
Suhu pendinginan produk yang terlalu tinggi	Banyaknya produk cacat	8	Tidak ada standar kualitas bahan baku	8
Kecepatan putaran cetakan terlalu tinggi	Bahan yang di injeksi banyak tidak masuk dalam cetakan	7	Tidak ada <i>Standard Operational Procedures</i> (SOP)	5
Kecepatan injeksi angin yang terlalu rendah	Produk lolly pecah	8	Tidak ada ketentuan ukuran kecepatan injeksi angi	7

Tabel 9. FMEA Terhadap Proses dengan Nilai RPN

Jenis Kegagalan Proses	Kendali yang Dilakukan	D	RPN
Suhu injeksi bahan baku yang terlalu tinggi	Perusahaan meningkatkan kedisiplinan operator dalam hal penggunaan peralatan	2	84
Suhu pendinginan produk yang terlalu tinggi	Perusahaan menetapkan standar kualitas bahan baku sebagai pedoman pekerja dalam melaksanakan proses produksi	3	192
Kecepatan putaran cetakan terlalu tinggi	Perusahaan menetapkan prosedur yang baku untuk semua proses produksi	2	79
Kecepatan injeksi angin yang terlalu rendah	Perusahaan harus menetapkan ukuran kecepatan injeksi angin yang sesuai	3	168

Keterangan :

Severity (S) : tingkat keseriusan kegagalan
 Occurance (O) : frekuensi terjadinya kegagalan
 Detection (D) : tingkat kegagalan dapat dideteksi

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan dan analisis yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa Apabila menggunakan mesin *injection molding* dengan data *eksisting* mesin sebagai berikut suhu injeksi bahan baku 230°C, suhu pendingin produk 16°C, kecepatan putaran cetakan 30 m/s dan kecepatan injeksi angin 20 m/s menimbulkan kecacatan 4 % dari produk yang dibuat sebanyak 40.000 pcs sedangkan apabila menggunakan metode taguchi dengan Kombinasi faktor dan level faktor dari variabel proses adalah suhu pendingin produk pada level 1 dengan suhu 14°C, kecepatan injeksi angin pada level 2 dengan kecepatan 25 m/s dan suhu injeksi bahan baku ke dalam cetakan pada level 1 dengan suhu 220°C memperoleh kecacatan hingga 3 % dari produk yang dibuat, berarti terjadi peningkatan produksi sebanyak 5% yang sebelumnya perusahaan hanya memproduksi 40.000 pcs dalam sehari, kemudian setelah dilakukan penelitian dengan menggunakan spesifikasi kombinasi perusahaan dapat memproduksi 42.000 pcs dalam sehari. Dan apabila menggunakan metode *failure mode and effect analysis* (FMEA) Nilai risiko kegagalan proses produksi terbesar dalam Risk

Priority Number (RPN) adalah 192, dimana penyebab kegagalan disebabkan oleh Suhu pendingin produk lolly yang terlalu tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Bagchi, Tapan P, 1993. *Taguchi Methods Explained Practical Steps to Robust Design*. Prantice Hall of India Private Limited, New Delhi.
- Firdaus, Rahman, dkk, 2010. "Perbaikan Proses Produksi Muffler dengan Metode FMEA pada Industri Kecil di Sidoarjo" Tersedia : http://journal.umsida.ac.id/files/Mesin_RF.pdf Sidoarjo: Penerbit Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. Diakses Tanggal 9 Maret 2013
- Hartono, Moh, 2012. "Meningkatkan Mutu Produk Plastik dengan Metode Taguchi". Tersedia: ejournal.umm.ac.id/index.php/industri/article/view/645 Malang: Penerbit Politeknik Negeri Malang. Diakses Tanggal 9 Maret 2013
- Rosnani Ginting, 2007. *Sistem Produksi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Soejanto, Irwan, 2009. *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi*. Edisi Pertama. Yogyakarta : Penerbit Graha Ilmu.
- Sinulingga, Sukaria, 2011. *Metodologi Penelitian*. Medan: USU Press.
- Sukaria Sinulingga, 2008. *Pengantar Teknik Industri*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Tjiptono, Fandy, 2003, *Total Quality management*, Yogyakarta , Penerbit Andi