

PENGENDALIAN DAN PERBAIKAN KUALITAS DI CV. SUMBER UNTUNG JAYA SEJAHTERA, SIDOARJO

Trio Setya Himawan

Jurusan Teknik Industri, Universitas Surabaya
trioS.him@gmail.com

Drs. Muhammad Rosiawan, M.T.

Jurusan Teknik Industri, Universitas Surabaya
muhammadrosiawan@yahoo.co.id

Mochammad Arbi Hadiyat, S.Si., M.Si.

Jurusan Teknik Industri, Universitas Surabaya
moch.arbi@gmail.com

Abstrak

CV. Sumber Untung Jaya Sejahtera adalah sebuah industri pembuatan plastik kemasan. Sebagian besar produk yang dihasilkan merupakan produk berdimensi kecil (tutup botol dan lem), sehingga untuk proses produksi menggunakan injeksi dengan hasil *capability* produk tiap injeksi. Saat ini untuk melakukan seting mesin injek, operator menggunakan catatan yang dibuat oleh teknisi berdasarkan catatan data masa lalu dan untuk menyeting ulang hanya meng"kira-kira" seting agar sesuai. Pengambilan data menggunakan *7tools* untuk mendapatkan data cacat *visual* dan total berat yang ada. Setelah didapatkan data cacat maka melakukan perbaikan dengan menerapkan standarisasi instruksi kerja tertulis untuk meminimalkan penyebab cacat dari operator dan metode kerja sedangkan untuk mesin menggunakan metode Taguchi. Parameter utama produksi tutup lem POVINAL adalah A: *Nozzle Temp*, B:tekanan injek, C:*injection timer*, dan D:*cooling timer*. Selanjutnya, dihitung nilai *Grey Relational Analysis* untuk tiap hasil pengambilan data. Dengan Taguchi didapatkan seting optimum adalah A1, B1, C2, dan D1 dan nilai $\mu_{predicted(optimum)} = 0,8295$. Pada eksperimen konfirmasi didapat nilai $\mu_{confirmation(optimum)} = 0,567$ dengan seting optimum. Dari hasil $\mu_{predicted(optimum)}$ dan $\mu_{confirmation(optimum)}$ didapatkan bahwa keduanya saling berpotongan yang berarti eksperimen layak untuk skala produksi. Hasil eksperimen konfirmasi menunjukkan penurunan cacat sebesar 3,06% dari kondisi awal menggunakan setingan perusahaan dan berdasarkan teori *GRA* didapatkan kenaikan nilai *GR Grade* sebesar 10,53.

Kata kunci : Desain Eksperimen Taguchi, Mesin *Injection*, *Grey Relational Analysis*.

Abstract

CV. Sumber Untung Jaya Sejahtera is a Prosperous industrial manufacture of plastic packaging. Most of the resulting product is a product of small-dimensional (bottle cap and glue), so for the production process using an injection with the capability of each injection products. At this time to do the machine settings using the entry, operator created by technicians based on past data and notes for setting reset just to "approximately" settings to suit. Data retrieval using 7tools to get the data visual defect and the total weight. Once obtained the data is flawed then make improvements by implementing standardization work written instructions to minimize the causes of defects from operators and methods of work as for machines using Taguchi methods. The main parameters of the production of the lid is POVINAL glue A:Nozzle Them, B:Pressure, C:injection timer and the D:cooling timer. Furthermore, the calculated value of Grey Relational Analysis to each data retrieval results. The optimum setting is obtained by Taguchi A1, B1, C2, D1 and the value $\mu_{predicted(optimum)} = 0,8295$. On the confirmation obtained value $\mu_{confirmation(optimum)} = 0,567$ with the optimum settings. From the results $\mu_{predicted(optimum)}$ glow and glow in $\mu_{confirmation(optimum)}$ found that both quarters which means decent experiments for the scale of production. Experimental results showed a decrease of blemishes confirmation 3.06% of the initial conditions using the default company and based on the theory of value increases obtained by GRA GR Grade of 10,53.

Keywords: *Design Experiment Taguchi, Injection Machine, Grey Relational Analysis*

PENDAHULUAN

LATAR BELAKANG

CV. Sumber Untung Jaya Sejahtera merupakan perusahaan yang memproduksi produk dengan dimensi kecil yang pada tingkat proses produksi menghasilkan *capability* produk (sekali proses peninjekan menghasilkan lebih dari 1 produk jadi) terutama pada produk tutup botol kemasan. Pada tiap proses produksinya, perusahaan tersebut menggunakan mesin *injection molding* untuk membuat produk. Selama melakukan proses produksi, perusahaan seringkali tidak memperhatikan hasil standar kualitas yang dari awal telah ditentukan namun membuat batas kualitas dengan mayoritas produk yang dihasilkan. Banyak faktor yang mengakibatkan produk yang dihasilkan tidak sesuai dengan batasan kualitas yang ditentukan, antara lain: SDM yang kurang, serta data yang mendukung dalam penyetingan mesin seperti suhu, temperatur, dan tekanan *inject*, namun perusahaan kurang dapat mengetahui apa penyebab dari cacat tersebut.

Produk yang memiliki ukuran kecil seringkali dalam proses pencetakan tidak memperhatikan berat persatuan melainkan memperhatikan fisik dari produk

itu sendiri, sehingga hanya ketidaksesuaian secara penglihatan yang menjadi perhatian utama, padahal manajemen menginginkan untuk menghasilkan produk dengan berat yang sama. Untuk mendapatkan berat produk yang tepat sesuai dengan apa yang diinginkan manajemen perlu adanya kombinasi yang baik pada seting variabel-variabel di mesin saat beroperasi. Saat ini seting awal permesinan dilakukan berdasarkan catatan yang dibuat oleh teknisi untuk dipatuhi oleh operator, setingan itu dibuat berdasarkan pada data-data masa lalu mengenai bahan baku apa yang dipakai dalam tiap produksi. Apabila dalam produksi terdapat produk cacat yang dihasilkan maka operator hanya melakukan seting ulang dengan meng "kira-kira" seting yang pas supaya tidak timbul cacat.

TUJUAN DAN MANFAAT

Dalam penelitian ini, tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan faktor penyebab cacat dengan menggunakan alat kualitas *7tools*.
2. Menentukan kombinasi level faktor dengan menggunakan desain eksperimen Taguchi.

Manfaat dari penelitian ini antara lain:

1. Perusahaan dapat mengetahui data cacat yang terjadi dan faktor penyebab cacat serta cara mengatasi.
2. Persentase cacat dapat diminimalkan dengan adanya kombinasi level faktor yang optimum dari faktor-faktor yang berpengaruh terhadap banyaknya cacat.
3. Perusahaan dapat memberikan perhatian lebih terhadap faktor-faktor yang paling berpengaruh terhadap produksi.

METODE PENELITIAN

IDENTIFIKASI MASALAH

Identifikasi masalah diperoleh dari produksi pembuatan tutup botol lem dengan menggunakan mesin injeksi dan melakukan wawancara terhadap kepada produksi guna mengetahui permasalahan yang ada.

PERUMUSAN MASALAH

Perumusan masalah ini diperoleh dari hasil wawancara dengan pihak perusahaan adalah untuk mengidentifikasi masalah yang sedang dihadapi perusahaan saat ini, yaitu banyak cacat yang terdapat ketika melakukan produksi yang menimbulkan biaya kerugian yang besar.

PENETAPAN TUJUAN PENELITIAN

Setelah memahami masalah dan literatur model yang sudah ada, maka dilakukan tujuan penelitian yang memberikan arah yang jelas dalam pemecahan permasalahan yang dihadapi perusahaan yaitu menentukan faktor penyebab cacat dengan menggunakan alat kualitas *7tools* dan menentukan kombinasi *level* faktor dengan menggunakan desain eksperimen Taguchi.

MELAKUKAN PENGUMPULAN DATA

Metode pengumpulan data yang dilakukan adalah wawancara dengan pihak perusahaan, dokumen perusahaan yang terkait dan observasi secara langsung di lantai produksi. Data yang dikumpulkan dapat dikategorikan menjadi dua jenis, yaitu:

- Data primer dikumpulkan secara langsung melalui wawancara dengan pihak perusahaan dan observasi secara langsung di lantai produksi yakni *setting* mesin.
- Data sekunder yang diperlukan untuk penelitian yaitu data cacat, data berat injekan, struktur organisasi, dan sejarah organisasi.

MELAKUKAN STUDI PUSTAKA

Studi pustaka yang digunakan peneliti dalam mendukung penelitian ini yakni pengendalian kualitas statistik, *7 tools*, dan Desain Eksperimen Taguchi dengan pendekatan metode *Grey Relational Analysis*. Berikut uraian untuk masing masing konsep teori:

- *Injection molding*

Injection molding adalah metode pembentukan material thermoplastik dimana material yang meleleh karena pemanasan.

- Kualitas

Kualitas atau mutu adalah karakteristik dari suatu produk atau jasa yang ditentukan oleh pemakai atau *customer* yang diperoleh melalui pengukuran proses serta melalui perbaikan yang berkelanjutan (*Continuous Improvement*).

- Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas atau mutu merupakan aktifitas teknik dan manajemen, dimulai dari pengukuran karakteristik kualitas dari output kemudian membandingkan hasil pengukuran tersebut dengan spesifikasi output yang diinginkan pelanggan, serta mengambil tindakan perbaikan yang tepat apabila ditemukan perbedaan antara performansi aktual dan standar.

- *Grey Relational Analysis Method*

Metode ini digunakan untuk mengkombinasikan beberapa respon menjadi sebuah respon yang saling berkaitan satu sama lain, sehingga untuk memperbaiki kedua respon yang ada dapat langsung dilakukan tanpa mendahulukan salah satunya.

- Metode Taguchi

Metode ini merupakan metodologi baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses serta dalam dapat menekan biaya dan *resources* seminimal mungkin. metode Taguchi menjadikan produk *robust* terhadap *noise*, karena itu sering disebut sebagai *Robust Design*.

MELAKUKAN PENGAMBILAN DATA

Melakukan pengamatan langsung mengenai proses produksi plastik yang terdapat di rantai produksi dengan menggunakan *7tools* seperti *flowchart* proses, dan diagram Ishikawa. Dan melakukan pengamatan yang berkaitan dengan produksi plastik tersebut akan ditulis juga, seperti temperatur, suhu, tekanan, dan waktu proses untuk menghasilkan produk tersebut.

MELAKUKAN PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS

Data yang didapat *ishikawa* diagram dilakukan perbaikan pada masing-masing penyebab yang terjadi. Apabila penyebab yang terjadi akibat seting mesin yang kurang sesuai maka akan dilakukan desain eksperimen Taguchi. Data yang di dapatkan pada tahap pengambilan data tersebut akan dipakai sebagai respon pada eksperimen Taguchi, selanjutnya dilakukan tahapan tahapan dalam desain eksperimen Taguchi . Setelah didapat data awal untuk desain eksperimen Taguchi maka digunakan metode *grey relational analysis* untuk mendapatkan kombinasi antara 2 respon yang diambil tersebut menjadi sebuah respon, setelah respon tersebut didapatkan maka dilakukan proses eksperimen Taguchi sampai didapatkan setingan mesin yang sesuai untuk mendapatkan produk dengan ukuran berat dan kecacatan yang diinginkan oleh manajemen dan pada akhirnya dilakukan eksperimen konfirmasi untuk memastikan setingan tersebut telah sesuai dan dihitung penurunan jumlah cacat yang telah berhasil direduksi.

MEMBUAT KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan serta saran untuk diinformasikan kepada perusahaan agar membantu perusahaan dalam melakukan pengendalian kualitas produksi yang terjadi dengan memperhatikan parameter-parameter yang menyebabkan kualitas produksi menurun.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum melakukan sebuah eksperimen, terlebih dahulu dilakukan identifikasi faktor-faktor penyebab terjadinya cacat. Proses identifikasi dengan diagram Ishikawa ini dilakukan untuk mempermudah peneliti dalam menggolongkan faktor-faktor penyebab terjadinya cacat yang dapat dikendalikan dan yang tidak dapat dikendalikan. Dari diagram Ishikawa didapatkan informasi bahwa cacat yang terjadi diperusahaan adalah cacat *Jembret*, cacat kotor, cacat tidak utuh, dan cacat gelombang.

Penyebab timbulnya berbagai cacat *visual* pada produksi tutup lem POVINAL antara lain: Metode dalam pengecekan mesin yang buruk, operator yang tidak menjaga kebersihan bahan baku, lingkungan produksi yang tidak

bersih, dan setingan mesin yang tidak tepat. Berdasarkan pengamatan peneliti, didapatkan faktor pada setingan mesin yang mempengaruhi hasil injek adalah:

1. *Nozzle Temperature* (A)
2. Tekanan Injek (*Pressure Gauge*) (B)
3. *Injection Timer* (C)
4. *Colling Time* (D)

Untuk memperbaiki cacat yang terjadi maka dilakukan standarisasi terhadap kegiatan yang terjadi dalam rantai produksi, standarisasi kegiatan operator ini dengan membuat instruksi kerja untuk proses injeksi mesin *horizontal* dan untuk pembersihan *mold* agar penyebab cacat dari pihak operator dan metode kerja dapat dikendalikan.

Setelah dilakukan penerapan instruksi kerja untuk menstandarkan lingkungan produksi didapatkan penurunan cacat *visual* sebesar:

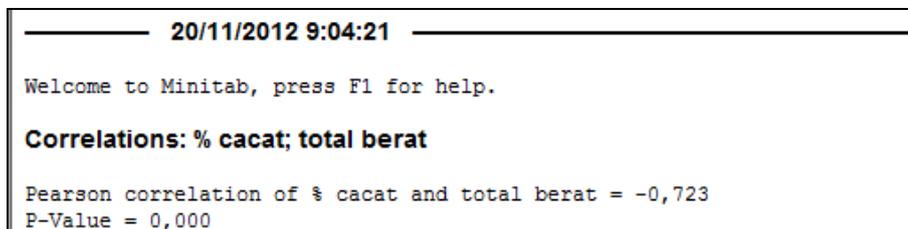
Tabel 1. Perbandingan cacat sebelum dan setelah Standarisasi

Kategori	Pengamatan Awal	Setelah Standarisasi	Penurunan
<i>Cacat Jembret</i>	2,10%	1,15%	0,95%
Cacat Kotor	2,02%	1,22%	0,80%
Cacat Gelombang	1,00%	0,93%	0,07%
Cacat Tidak Utuh	0,78%	0,77%	0,01%
Total Unit Cacat	5,51%	3,93%	1,58%

Penurunan cacat setelah dilakukan standarisasi didapatkan penurunan yang signifikan berdasarkan uji proporsi 2 populasi yang dilakukan untuk total unit cacat, cacat *jembret*, dan cacat kotor, sedangkan untuk cacat gelombang dan tidak utuh. Karena pada semua cacat *visual* didapatkan penurunan yang kecil maka untuk meningkatkan penurunan cacat dilakukan perbaikan terhadap faktor penyebab cacat lainnya yakni setingan mesin, untuk memperoleh setingan mesin yang optimal penelitian ini menggunakan metode Taguchi.

Melalui tahapan-tahapan taguchi didapatkan bahwa respon yang diteliti untuk didapatkan setingan optimal adalah persentase total cacat berdasarkan diagram Ishikawa dan cacat total berat injek akibat dari banyaknya unit produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi manajemen. Untuk memastikan adanya hubungan antara persentase total cacat dan cacat total berat injek maka dilakukan

uji korelasi dengan menggunakan MINTAB16. Dari hasil uji korelasi didapatkan $P\text{-value} = 0,000$ sehingga dapat disimpulkan terdapat korelasi antar kedua respon tersebut.



Gambar 1. Uji Korelasi Antara Persentase Total Cacat Dengan Total Berat

Dalam pengamatan ini, peneliti melakukan pendekatan dengan menggunakan semua kombinasi *level* faktor dari faktor-faktor yang ada. Peneliti menggunakan 2 *level* yang telah dipergunakan oleh perusahaan. Berikut ini adalah setingan yang dipergunakan oleh perusahaan selama ini:

Tabel 2. Setingan yang dipergunakan oleh perusahaan

<i>Nozzle Temp</i>		Tekanan Injek		<i>Injection Timer</i>		<i>Cooling timer</i>	
160	165	46	47	3	3,5	10	12

Dari setingan tersebut dapat ditentukan *level* faktor untuk setiap parameter yang ada. *Level* faktor ini berguna sebagai patokan untuk menentukan tingkatan dari masing-masing faktor. Pada masing-masing level ditentukan berdasarkan tingkat *low* dan *high* dengan memberikan tanda + dan -. Setingan yang dipergunakan oleh perusahaan merupakan faktor yang dipergunakan dalam metode Taguchi sebagai parameter untuk menentukan banyak cacat yang terjadi. selanjutnya akan dilihat apakah faktor-faktor tersebut memiliki interaksi antar faktor yang terjadi. Dengan menggunakan *MANOVA General Linear Model* akan dilihat apakah terdapat interaksi yang terjadi. Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

Ho: Tidak ada pengaruh faktor terhadap persentase total cacat

Hi: ada pengaruh faktor terhadap persentase total cacat

$\alpha = 5\%$

Tabel 3. Faktor yang signifikan terhadap respon berdasarkan uji *MANOVA General Linear Model*

Respon	Faktor	Pvalue
Persentase Total Produk Cacat dan Berat Produk <i>Inject</i>	✓ <i>Nozzle Temp</i>	0,004
	✓ Tekanan Injek	0,000
	✓ <i>Injection Timer</i>	0,000
	✓ <i>Cooling Timer</i>	0,000
	✓ <i>Nozzle Temp vs Injection Timer</i>	0,004
	✓ Waktu Injek vs <i>Cooling Timer</i>	0,030
Persentase cacat jembret	✓ <i>Nozzle Temp</i>	0,030
	✓ Tekanan Injek	0,037
	✓ <i>Injection Timer</i>	0,002
	✓ <i>Cooling Timer</i>	0,000
	✓ <i>Nozzle Temp vs Injection Timer</i>	0,008
Persentase cacat kotor	✓ <i>Injection Timer</i>	0,003
	✓ <i>Cooling Timer</i>	0,000
	✓ <i>Nozzle Temp vs Injection Timer</i>	0,004
Persentase cacat bergelombang	✓ <i>Injection Timer</i>	0,004
	✓ <i>Cooling Timer</i>	0,000
	✓ <i>Nozzle Temp vs Injection Timer</i>	0,001
Persentase cacat tidak utuh	✓ <i>Injection Timer</i>	0,001
	✓ <i>Cooling Timer</i>	0,000
	✓ <i>Nozzle Temp vs Injection Timer</i>	0,014
	✓ <i>Injection Timer vs Cooling Timer</i>	0,027

Dari hasil menentukan faktor dan interaksi faktor dengan menggunakan *MANOVA General Linear Model* didapatkan bahwa masing-masing faktor memiliki kontribusi timbulnya cacat pada produksi tutup lem POVINAL. Dengan menghitung derajat bebas (*Dof*) pada metode Taguchi, didapatkan *orthogonal array* yang tepat untuk melakukan eksperimen sesuai dengan hasil perhitungan faktor dan interaksi faktor adalah menggunakan *orthogonal array* $L_8(2^7)$. Dengan menggunakan MINITAB16 dilakukan eksperimen Taguchi menggunakan *orthogonal array* $L_8(2^7)$, eksperimen berdasarkan OA tersebut dilakukan sebanyak 3 kali replikasi untuk memastikan bahwa setingan yang digunakan sesuai OA menghasilkan total respon yang tepat dan dihitung nilai rekapitulasi rata-rata dari data eksperimen. Berikut adalah tabel hasil data eksperimen:

Tabel 4. Hasil Rekapitulasi rata-rata data eksperimen

Exp	1	2	3	4	5	6	7	Rc rata2	Rb rata2 (mg)	tot injek	tot prod
	A	B	C	AxC	D	AxD	CxD				
1	1	1	1	1	1	1	1	29,33	1265,12	63	504
2	1	1	1	2	2	2	2	27,33	1259,67	63	504
3	1	2	2	1	1	2	2	13,00	1253,49	63	504
4	1	2	2	2	2	1	1	21,67	1225,81	63	504
5	2	1	2	1	2	1	2	21,00	1261,79	63	504
6	2	1	2	2	1	2	1	14,33	1270,01	63	504
7	2	2	1	1	2	2	1	24,67	1239,87	63	504
8	2	2	1	2	1	1	2	27,67	1240,32	63	504
Total								179,00	10016,07	504	4032

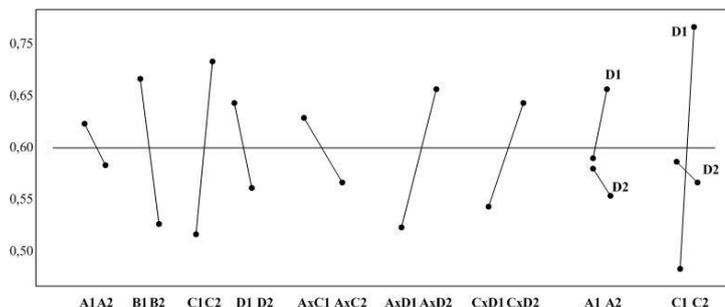
Keterangan :
 Rc rata-rata = Respon total cacat ke-1 Rb rata-rata = Respon total berat ke-1

Dengan menggunakan MINITAB16, dilakukan analisis dengan tabel respon untuk respon cacat dan berat didapatkan setingan optimum (A1, B2, C2, D1) dan (A2, C1, B2, D1). Karena seting optimum untuk tiap respon berbeda, untuk mempermudah mencari nilai optimum dari parameter untuk kedua respon pada penelitian menggunakan metode *Grey Relational Analysis* sebagai alat untuk mengkombinasikan respon-respon tersebut menjadi 1 respon baru yang memiliki tujuan sama. *Grey Relational Analysis* dimulai dengan menghitung nilai normalisasi terhadap data respon hasil eksperimen OA. Pada respon cacat normalisasi harus dengan menggunakan STB (*Small The Better*) sedangkan pada berat injek menggunakan NTB (*Nominal The Better*) dilanjutkan perhitungan urutan simpangan dan dihitung nilai GR *Grade* kemudian diberikan peringkat.

Tabel 5. Perhitungan *Grey Relational Analysis* untuk data respon eksperimen

No.	Normalisasi GRA		$\Delta 0i(k)$ Cacat	$\Delta 0i(k)$ Berat	$\xi_i(k)$ Cacat	$\xi_i(k)$ Berat	GR <i>Grade</i>	Rank
	LTB $X_i^*(k)$	NTB $X_i^*(k)$						
	1	0,00						
2	0,12	0,99	0,88	0,01	0,36	0,98	0,672	4
3	1,00	0,81	0,00	0,19	1,00	0,72	0,862	1
4	0,47	0,00	0,53	1,00	0,49	0,33	0,409	8
5	0,51	0,95	0,49	0,05	0,51	0,91	0,705	3
6	0,92	0,71	0,08	0,29	0,86	0,63	0,745	2
7	0,29	0,41	0,71	0,59	0,41	0,46	0,435	6
8	0,10	0,42	0,90	0,58	0,36	0,46	0,411	7

Pemberian peringkat pada GR *Grade* berdasarkan nilai tertinggi, karena sesuai dengan tujuan utama dari respon GRA yaitu *Larger The Better*. Setelah didapatkan nilai GR *Grade*, kemudian dilakukan analisis tabel respon dan grafik respon kembali untuk mengetahui seting parameter paling optimal untuk mencapai tujuan dari masing-masing respon awal.



Gambar 2. Grafik respon dari faktor dan interaksi faktor

Dari grafik respon GR *Grade* didapat level parameter yang direkombinasikan sebagai level optimum dari eksperimen adalah A1, B1, C2, dan D1. Kemudian dilakukan pengujian *ANOVA* untuk mengetahui parameter mana yang paling berpengaruh pada mesin serta kontribusi dalam mempengaruhi cacat yang terjadi. Berikut adalah *ANOVA* dari eksperimen Taguchi dengan GRA:

Tabel. 6. *ANOVA* dari eksperimen Taguchi dengan GRA

Parameter Proses	Source	Sq	V	Mq	F-ratio	P %
Tekanan Injek	B	0,03858	1	0,03858	1,22	26,63%
Injection Timer	C	0,05305	1	0,05305	1,68	36,62%
	CxD	0,03239	1	0,03239	1,02	22,36%
Pooled error	-	0,0834	4	0,02085		14,39%
Total	-	-	7	0,14487		100,00%

Untuk mengetahui berapa banyak cacat yang timbul saat perusahaan melakukan setingan seperti biasa, maka dilakukan perhitungan nilai $\mu_{predicted}$ Saat Kondisi Awal. Kondisi awal ini didapatkan dari pengamatan awal setelah melakukan standarisasi dan belum melakukan eksperimen, parameter seting yang sering digunakan perusahaan adalah A1, B1, C2, dan D2. Dari hasil pengambilan data menggunakan setingan tersebut kemudian dilakukan perhitungan nilai GR *Grade*. Setelah didapatkan nilai GR *Grade* maka barulah

dilakukan perhitungan nilai $\mu_{confirmation}$ untuk kondisi awal. $\mu_{confirmation}$ didapatkan dengan menghitung nilai rata-rata dari respon yang terjadi:

$$\begin{aligned} \mu_{confirmation (awal)} &= \frac{0,409 + 0,378 + 0,490 + 0,662 + 0,381 + 0,669 + 0,353 + 0,335}{8} \end{aligned}$$

$$\mu_{confirmation (awal)} = 0,459$$

Pada kondisi awal nilai $\mu_{predicted}$ tidak dihitung karena *level* dari tiap faktor telah dilakukan oleh perusahaan sebagai *setting* yang paling sering dipergunakan oleh perusahaan, sehingga tidak perlu dilakukan prediksi terhadap respon yang terjadi. Selanjutnya menghitung nilai *Confidence Interval* (CI) dipergunakan untuk mengetahui nilai selang kepercayaan ketika melakukan eksperimen. Maka pada perhitungan *mean* diperlukan nilai CI untuk *predicted mean*. Dengan tingkat kepercayaan 95% akan dihitung nilai *confidence interval* (CI) tersebut. Berikut adalah langkah-langkah yang harus dihitung terlebih dahulu sebelum menentukan nilai *Confidence Interval* (CI).

- Menghitung nilai n_{eff}

$$\begin{aligned} n_{eff} &= \frac{\text{total number of degrees of freedom}}{\text{sum of degrees of freedom used in estimate of mean}} \\ &= \frac{8 \times 4}{v_{\mu} + v_B + v_C + v_{C \times D}} \\ &= \frac{8 \times 4}{1 + 1 + 1 + 1} = 8 \end{aligned}$$

- Menghitung nilai CI (*Confidence Interval*)

$$\begin{aligned} CI &= \sqrt{F_{\alpha, v1, v2} \times V_e \times \left[\frac{1}{n}\right]} = \sqrt{F_{0,05, 1, 4} \times 0,02068 \times \left[\frac{1}{8}\right]} \\ CI &= \sqrt{7,71 \times 0,02068 \times \left[\frac{1}{8}\right]} = \pm 0,141 \end{aligned}$$

- Menentukan nilai $\mu_{predicted(optimum)}$

$$\begin{aligned} \mu_{predicted} &= \bar{y} + (\overline{C2} - \bar{y}) + (\overline{C2D1} - \bar{y}) + (\overline{B1} - \bar{y}) = \overline{C2D1} - \overline{D1} + \overline{B1} \\ \mu_{predicted} &= 0,8036 - 0,6425 + 0,6684 = 0,8295 \end{aligned}$$

Dengan demikian:

$$\begin{aligned} \mu_{predicted} - CI &\leq \mu_{predicted (optimum)} \leq \mu_{predicted} + CI \\ 0,8295 - 0,141 &\leq \mu_{predicted (optimum)} \leq 0,895 + 0,141 \\ 0,688 &\leq \mu_{predicted (optimum)} \leq 0,970 \end{aligned}$$

Eksperimen konfirmasi dilakukan berdasarkan faktor dan *level* faktor yang dianalisis sebelumnya sehingga dapat memenuhi target dari kedua respon yang ada. Ada 2 jenis faktor dari analisis sebelumnya, yaitu *significant factor* dan *insignificant factor*. *Significant faktor* merupakan faktor-faktor yang dinyatakan signifikan pada analisis sebelumnya dengan menggunakan *GR Grade*, baik dari tabel respon dan nilai *F-ratio* yang diperoleh dari perhitungan *ANOVA GR Grade*. Setelah diketahui hasil konfirmasi, maka data tersebut ubah kembali menjadi *Grey relational Analysis* sehingga mendapatkan nilai *GR Grade* untuk dapat melakukan perbandingan CI antara sebelum dan setelah eksperimen. Dengan menggunakan langkah-langkah yang sama maka didapatkan nilai *GR Grade* dari eksperimen konfirmasi. Sama halnya pada *predicted mean*, eksperimen konfirmasi juga memerlukan suatu selang kepercayaan (*confidence Interval*) dimana nilai rata-rata dari eksperimen konfirmasi tersebut berada. Maka dari itu, dengan tingkat kepercayaan 95%, akan dihitung nilai CI dari eksperimen konfirmasi. Berikut adalah nilai-nilai yang perlu dihitung sebelum melakukan perhitungan CI:

- **Menghitung nilai n_{eff}**

$$n_{eff} = \frac{\text{total number of degrees of freedom}}{\text{sum of degrees of freedom used in estimate of mean}}$$

$$= \frac{v_{\mu} + v_B + v_C + v_{C \times D}}{8 \times 4}$$

$$= \frac{1 + 1 + 1 + 1}{1 + 1 + 1 + 1} = 8$$

Dengan nilai tersebut maka *Confidence Interval* (CI) untuk eksperimen konfirmasi diperoleh dengan perhitungan sebagai berikut:

- **Menghitung nilai CI (*Confidence Interval*)**

$$CI = \sqrt{F_{0,05;1,4} \times V_s \times \left[\frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r} \right]} = \sqrt{F_{0,05;1,4} \times 0,02068 \times \left[\frac{1}{8} + \frac{1}{3997} \right]}$$

$$CI = \pm 0,141$$

- **Menentukan nilai $\mu_{confirmation}$**

$$\mu_{confirmation (optimum)} = \text{rata - rata nilai GR Grade} = 0,567$$

Dengan demikian:

$$\mu_{confirmation} - CI \leq \mu_{confirmation} \leq \mu_{confirmation} + CI$$

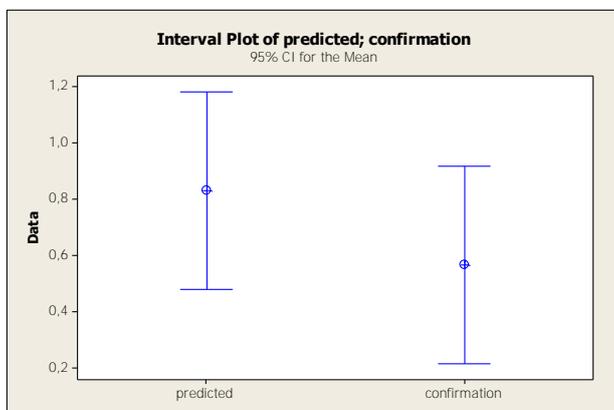
$$0,567 - 0,141 \leq \mu_{confirmation (optimum)} \leq 0,567 + 0,141$$

$$0,426 \leq \mu_{confirmation (optimum)} \leq 0,708$$

Setelah didapatkan nilai μ_{prediksi} dan $\mu_{\text{konfirmasi}}$ pada sub bab sebelumnya maka akan dilakukan perbandingan antara keduanya, μ_{prediksi} merupakan nilai yang didapatkan dari perhitungan sebelum dilakukan eksperimen konfirmasi dengan proses perhitungan seperti pada sub bab 5.2.8.2, sedangkan nilai dari $\mu_{\text{konfirmasi}}$ didapatkan setelah melakukan eksperimen konfirmasi, nilai μ sendiri merupakan nilai rata-rata yang didapatkan selama eksperimen. Gambar 5.8 merupakan gambar mengenai perbandingan CI dari μ_{prediksi} dan $\mu_{\text{konfirmasi}}$.

$$0,426 \leq \mu_{\text{confirmation (optimum)}} \leq 0,708$$

$$0,688 \leq \mu_{\text{predicted (optimum)}} \leq 0,970$$



Gambar 3. Perbandingan CI dari $\mu_{\text{predicted}}$ dan $\mu_{\text{confirmation}}$

Dari Gambar 3 terlihat bahwa kedua nilai μ berpotongan baik itu prediksi dan konfirmasi sehingga dapat disimpulkan bahwa eksperimen tersebut layak digunakan dalam skala industri.

Setelah dilakukan eksperimen konfirmasi selanjutnya dilakukan uji proporsi 2 populasi untuk mengetahui apakah terjadi penurunan yang signifikan terhadap respon dari perubahan seting mesin yang optimum sesuai metode Taguchi.

Tabel 6. Perbandingan cacat sebelum dan setelah eksperimen konfirmasi

Kategori	Sebelum Eks. Konf	Setelah Eks. Konf	Penurunan
Cacat Jembret	1,15%	0,20%	0,95%
Cacat Kotor	1,22%	0,27%	0,95%
Cacat Gelombang	0,93%	0,22%	0,71%
Cacat Tidak Utuh	0,77%	0,17%	0,60%
Total Unit Cacat	3,93%	0,87%	3,06%

Tabel 7. Uji Proporsi pada hasil eksperimen konfirmasi

Jenis cacat	P-value	Kesimpulan
Cacat <i>jembret</i>	0,000	Berbeda signifikan
Cacat kotor	0,000	Berbeda signifikan
Cacat gelombang	0,000	Berbeda signifikan
Cacat tidak utuh	0,000	Berbeda signifikan
Cacat total	0,000	Berbeda signifikan

Dari Tabel 7 dapat dilihat bahwa masalah utama yaitu cacat total berbeda signifikan antara sebelum dan sesudah eksperimen konfirmasi, begitu juga dengan masing-masing jenis cacat yang ada yaitu cacat *jembret* (J), cacat kotor (K), cacat gelombang (G), cacat tidak utuh (TU). Sehingga dapat dikatakan bahwa *level* yang dipergunakan pada setiap parameter membuat persentase cacat menjadi turun. Dari Tabel 6 didapatkan penurunan yang terjadi untuk persentase total unit cacat sebelum dan setelah eksperimen konfirmasi sebesar 3,06%. Penurunan ini terjadi karena setingan yang didapatkan dari hasil eksperimen dengan menggunakan metode Taguchi, telah berhasil menurunkan persentase total unit cacat yang besar. Apabila dilihat dari nilai GRGr sebelum dan setelah melakukan eksperimen terjadi selisih nilai GRGr. Nilai GRGr pada saat setelah melakukan eksperimen mengalami kenaikan sebesar 10,53%. Nilai ini sesuai dengan tujuan utama dari penerapan metode Taguchi yang didalam pengolahan data menggunakan *Grey Relational Analysis* untuk penentuan respon penelitian yaitu *Larger the better*. Pada kondisi *existing* didapatkan nilai GRGr sebesar 0,459 sedangkan saat kondisi optimum didapatkan nilai GRGr sebesar 0,567, dari kedua nilai yang didapatkan pada kondisi *existing* dan optimum didapatkan perbedaan sebesar 10,53%.

KESIMPULAN DAN SARAN

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari pengolahan data dan analisis hasil yang telah dilakukan pada bab-bab sebelumnya adalah:

1. Cacat yang ditemukan adalah cacat *jembret*, cacat kotor, cacat gelombang, dan cacat tidak utuh.
2. Faktor-faktor yang berpengaruh dapat dikelompokkan ke dalam 2 kelompok, yakni faktor-faktor yang dapat dikendalikan dan faktor-faktor yang sulit dikendalikan seperti pada tabel 8

Tabel 8. Faktor yang berpengaruh terhadap ketidaksesuai (cacat dan berat) pada produk tutup lem POVINAL

Faktor yang dapat dikendalikan	Faktor yang tidak dapat/sulit dikenalkan
• <i>Nozzle Temp</i>	• Metode Kerja
• Tekanan Injek	• Prilaku Operator
• <i>Injection Timer</i>	• Afalan
• <i>Cooling Timer</i>	

- Tindakan standardisasi dengan pemberian instruksi kerja serta melakukan penerapannya pada rantai produksi dapat menurunkan persentase cacat total 1,58%, *jembret* 0,95%, kotor 0,80%, gelombang 0,07% dan tidak utuh 0,01%. Sedangkan untuk total berat injek terjadi sekitar 47% berada diluar batas spesifikasi berat yang telah ditetapkan oleh perusahaan.
- Uji *correlation* pada MINITAB 16 didapatkan bahwa respon persentase cacat total dan berat injek memiliki tingkat hubungan/korelasi yang besar.
- Analisa banyak respon dengan menggunakan *Grey Relational Analysis* dapat membuat respon-respon tersebut bergabung menjadi sebuah respon dengan tujuan sama *Larger The Better*.
- Diperoleh 3 faktor utama yang mempengaruhi nilai *Grey Relational Grade* (penggabungan respon persentase total cacat dan berat total), yaitu faktor B, C, dan CxD. Urutan faktor beserta persen kontribusi dari keempat faktor tersebut disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Urutan Faktor utama dan persen kontribusi

Rank	Faktor		Persen Kontribusi
1	C	Waktu Injek	36,62%
2	B	Tekanan Injek	26,63%
3	CxD	<i>Injection Timer</i> dan <i>Cooling Timer</i>	22,36%

- Metode Taguchi menghasilkan kombinasi *level* faktor yang optimal, yaitu dengan *setting* A₁, B₁, C₂, dan D₁ dan diperoleh penurunan cacat yang lebih besar yakni persentase total cacat sebesar 3,06%. Penurunan persentase cacat *jempret* sebesar 0,95%, cacat kotor sebesar 95%, cacat gelombang sebesar 0,71%, dan cacat tidak utuh sebesar 0,60%. Sedangkan untuk berat total injek semua data pengamatan masuk kedalam spesifikasi perusahaan.

8. Nilai *Confidence Interval* dari nilai prediksi GRG_{optimum} ($0,688 \leq \mu_{\text{predicted}(\text{optimum})} \leq 0,970$) berpotongan dengan nilai *confidence interval* dari eksperimen konfirmasi ($0,426 \leq \mu_{\text{confirmation}} \leq 0,708$) yang berarti eksperimen ini layak digunakan dalam skala industri.
9. Uji proporsi 2 populasi terhadap semua pengujian menunjukkan hasil tolak H_0 yang berarti bahwa eksperimen berhasil menurunkan persentase cacat total dan berat injekan.

SARAN

Untuk melakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan dasar penelitian ini, disarankan :

1. Perusahaan disarankan menggunakan *setting level* faktor optimal dari hasil penelitian ini khususnya untuk produk tutup lem POVINAL.
2. Perusahaan tetap mengendalikan faktor-faktor selain mesin yaitu metode, material, operator dan lingkungan dengan selalu mengikuti instruksi kerja yang telah dibuat.
3. Perusahaan dapat menerapkan metode Taguchi dengan pendekatan analisis *Grey Relational Analysis* untuk mengatasi multi ketidaksesuaian yang terjadi pada produk lain dengan mengikuti langkah praktis penerapan metode Taguchi dengan pendekatan analisis *Grey Relational Analysis* pada Lampiran I.
4. Perusahaan mengondisikan lingkungan kerja bagian *mixing* dengan bersih dan tidak terdapat bekas sisa oli disekitarnya karena dapat membuat bahan baku terkontaminasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Angelia, Y., 2009, *Implementasi metode Taguchi pada Proses Percetakan Plastik di UD. Ongkowijaya, Malang*, Jurusan Teknik Industri Universitas Surabaya, Surabaya.
- Belavendram, Nicolo., 1995, *Quality by Design”Taguchi techniques for Industrial Experimentation*, Prentice Hall International.
- Deng Ju-Long, Control problems of grey systems, *Sciencedirect on Systems & Control*, 1 (5) (1982) 288-294.
- Dwi Cahya, B.A., 2012, *Peningkatan Kualitas Proses Hanger dengan Penerapan Metode Taguchi di CV.X, Surabaya*, Jurusan Teknik Industri Universitas Surabaya, Surabaya.
- Gaspersz, Vincent, 2001, *ISO 9001:2000 and Continual Quality Improvement*, Edisi Pertama, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Montgomery, Douglass C., 2001, *Introduction to Statistical Quality Control*, Fourth Edition, John Wiley & Sons, Inc, Washinton.
- Phadke, S.M., 1989, *Quality Engineering Using Robust Design*, Prentice Hall International.
- Ross, Phillip J., 1996, *Taguchi Techniques for Quality Engineering*, Mc. Graw-Hill International Edition.
- Roy, R., 1990, *A Primer on the Taguchi Method*, Van Nostrand Reinhold, United State of America.
- Ibrahim. M.H.I., Muhammad. N., Sulong A.B., Jamaludin K.R., Nor. H.M.N., Ahmad. S., 2001. *Optimization of Micro Metal Injection Molding with Multiple Performance Characteristics using Grey Relational Analysis*. Chiang Mai University, 231-241.
- <http://ahmadhafizullahritonga.blog.usu.ac.id/2011/02/16/63/> (diakses tanggal 4 Agustus 2012)
- <http://Djoko-Sasongko.blogspot.com/kualitas> (diakses tanggal 2 Juli 2012)
- <http://dss.constructive-learning.info/?p=39> (diakses tanggal 30 November 2012)
- <http://id.wikipedia.org/wiki/Polietilena> (diakses tanggal 3 Juli 2012)
- <http://jonathansarsono.info/mvariat/multivariat.htm> (diakses tanggal 22 januari 2013)
- <http://pvcindonesia.wordpress.com/category/umum> (diakses tanggal 4 agustus 2012)
- http://oke.or.id/injection_machine/component (diakses tanggal 29 Juli 2012)