



---

## ANALISIS PERBAIKAN KUALITAS INJECTION PART DENGAN PENDEKATAN LEAN SIX SIGMA (ANALYSIS OF QUALITY INJECTION PART IMPROVEMENT WITH LEAN SIX SIGMA APPROACH)

Submit: Jan 3, 2020      Review: Jan 14, 2020      Accept: Jan 14, 2020      Publish: Jan 21, 2020

Miftakul Huda<sup>1</sup>

### Abstract

*Lean Six Sigma is a collective approach, which uses various techniques and tools for quality improvement. Here, Lean Six Sigma methodology was applied to a small injection molding unit (which can be taken as representative of small and medium-size industries) manufacturing casing of electronics part. The DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve and Control) approach of Lean Six Sigma was applied to reduce the rejection rate of the casing (child part of an electronic product) by changing setting parameters: mold temperature, injection pressure and injection speed in the injection mold process. The statistical techniques such as DOE full factorial experiment, and process capability analysis were done to finding the process capability before and after the Lean Six Sigma implementation. After implementing the Lean Six Sigma DMAIC approach it was found that injection molding firms can increase their profit by increase yield rate and deleting rejection rate of casing part. Lean Six Sigma implementation increase the process sigma level from  $4,3\sigma$  to  $4,7\sigma$  by a reduction in casing flow mark variation and transparency. This increase in sigma level will give defect cost reduction to the industry which is a good figure for such an industry.*

**Keywords:** Lean Six Sigma, Injection Molding, DMAIC, DOE

**JEL Codes:** .....

---

### Abstrak

*Lean Six Sigma adalah pendekatan kolektif, yang menggunakan berbagai teknik dan alat untuk peningkatan kualitas. Di sini, metodologi Lean Six Sigma diterapkan pada unit injection molding kecil (yang dapat dianggap mewakili industri ukuran kecil dan menengah) manufaktur casing part. Pendekatan DMAIC (Define, Measure, Analyze,*

---

<sup>1</sup> Universitas Pelita Bangsa, [miftakulhuda@pelitabangsa.ac.id](mailto:miftakulhuda@pelitabangsa.ac.id)

*Improve and Control) Lean Six Sigma diterapkan untuk mengurangi tingkat penolakan casing part (bagian anak dari produk elektronik) dengan mengubah tiga setting parameter: suhu mold, tekanan dan kecepatan injection dalam proses cetakan injeksi. Teknik statistik seperti DOE full factorial experiment, dan analisis kemampuan proses dilakukan untuk menemukan kemampuan proses sebelum dan sesudah implementasi Lean Six Sigma. Setelah menerapkan pendekatan Lean Six Sigma DMAIC ditemukan bahwa perusahaan injection molding dapat meningkatkan keuntungannya dengan menaikkan yield rate dengan mengendalikan tingkat penolakan casing part. Implementasi Lean Six Sigma meningkatkan tingkat sigma proses dari  $4,3\sigma$  menjadi  $4,8\sigma$  dengan mengurangi variasi flow mark dan transperancy. Kenaikan tingkat sigma ini akan memberikan pengurangan biaya akibat cacat ke industri yang merupakan contoh yang baik untuk industri semacam ini.*

**Kata kunci:** *Lean Six Sigma, Injection Molding, DMAIC, DOE*

**Kode JEL:**

## 1. PENDAHULUAN

Industri elektronik tumbuh dengan pesat, pemakaian material plastik semakin berkembang dan mengantikan logam. Desain produk elektronik dengan material plastik dengan estetika yang terbaik dengan tampilan stylish dan glossy tanpa lagi penggunaan spray paint makin membuat proses dan harga menjadi efisien. PT Fajar Surya Lestari merupakan small medium enterprise yang bergerak dibidang injection plastic komponen casing elektronik. Dari data kondisi PT Fajar Surya Lestari di tahun 2017, terjadi dua kali konsumen reject di bulan Oktober dan November 2017 karena cacat yang dikirim melebihi limit AQL 0.4%. New mold model-E menyumbang lost cost terbesar dengan kerugian sebesar Rp 62,035,600.00 atau setara 87.9% dari total lost cost PT XYZ.

Mold model-E mempunyai yield rate rendah 74% hingga 83% yang dipengaruhi oleh kondisi masalah apperance injection part yaitu flow mark dan buram. Rendahnya yield rate dan tingginya lost cost di model-E tersebut mengakibatkan tergerusnya laba dari perusahaan PT Fajar Surya Lestari.

Proses injection plastik untuk menghasilkan produksi yang optimal dengan yield rate tinggi dan cacat yang rendah memerlukan penentuan setting parameter injection yang tepat (Rajendra Khavekar et al, 2017). Parameter di mesin injection diantaranya Temperatur, Injection Pressure, dan Injection Speed. Umumnya di industri injection penentuan parameter tersebut melalui trial and error yang butuh waktu lama, dengan metodologi lean six sigma DMAIC diharapkan penentuan setting parameter dapat dicapai dengan teknik eksperimen yang mapan dan terstruktur.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis dan mengetahui tingkat pengaruh temperatur terhadap yield rate injection; pengaruh injection pressure terhadap yield rate injection; pengaruh injection speed terhadap yield rate injection; setting parameter injection yang optimum untuk mendapatkan yield rate yang maksimal.

## 2. TELAAH LITERATUR

Dalam Hana et al (2015: 89-92), Six Sigma memakai metode DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control)

### 1. Define (Definisi)

Merupakan langkah awal dalam tahap perbaikan six sigma. Langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Process Mapping dan pendefinisian proses kunci. Tahap ini akan menyajikan urutan proses produksi dan menentukan proses kunci yang banyak mengakibatkan defect dan berpengaruh terhadap Critical to Quality.

- b. Identifikasi masalah. Pada proses pengidentifikasi masalah akan menguraikan macam-macam defect yang dapat mengakibatkan terjadinya repair / rework karena tidak sesuai dengan spesifikasi standar.
  - c. Penetapan tujuan. Dalam tahap definisi selanjutnya adalah penetapan tujuan yang akan menjelaskan tujuan dari perbaikan six sigma ini.
2. Measure (Pengukuran)

Langkah kedua adalah pengukuran (measure) yang menyajikan beberapa tahap berikut:

- a. Penetapan CTQ (Critical to Quality). Pada tahap ini akan menentukan karakteristik kebutuhan spesifik pelanggan yang telah digambarkan dalam standar kualitas perusahaan.
- b. Mengetahui urutan CTQ (Critical to Quality). Setelah menetapkan CTQ (Critical to Quality) tahap selanjutnya adalah mengetahui urutannya berdasarkan tingkat jumlah kecacatannya. Pada tahap ini dapat menggunakan diagram pareto sebagai alat untuk mengidentifikasikannya.
- c. Pengukuran stabilitas proses. Tahap pengukuran stabilitas proses bertujuan untuk mengetahui tingkat terkendali atau tidaknya suatu proses yang dapat diketahui melalui grafik kontrol p. Sebelum membuat grafik kontrol p, harus menentukan terlebih dahulu nilai rata-rata kecacatan ( p mean ) atau CL (Center Line), LCL (Lower Control Limit), dan UCL (Upper Control Limit).
- d. Pengukuran kapabilitas proses. Bertujuan untuk mengetahui sejauh mana suatu produk dapat memenuhi kebutuhan spesifik pelanggan. Dalam pengukuran base line kinerja digunakan satuan pengukuran DPMO (Defect per Million Opportunity) untuk menentukan tingkat sigma. Dalam menentukan kapabilitas proses antara data variabel dengan data atribut berbeda. Suatu proses dikatakan baik atau mampu (capable) jika mempunyai nilai indeks kapabilitas proses ( $C_p$ ) dan  $C_{pk}$  lebih besar dari 1 (Budiarto, 2010).

3. Analysis (Analisis)

- a. Observasi penyebab terjadinya defect (secara teknik). Untuk mengetahui penyebab teknis terjadinya cacat dapat dilakukan dengan menggali informasi dari operator yang bersangkutan. Dalam hal injection machine, observasi dapat dilakukan kepada operator setting injection machine, mold maintenance, maupun engineering.
- b. Penentuan akar masalah (X-faktor). Penentuan akar penyebab masalah dapat dilakukan dengan menggunakan Cause Efect Diagram atau dikenal juga dengan fish bone atau ishikawa diagram. CE-

diagram menggunakan 5 faktor guna mencari akar masalah yaitu manusia, metode, mesin, material, lingkungan.

### 3. Improvement (Perbaikan)

Melakukan aktivitas perbaikan sesuai hasil analisa akar masalah ( vital view X) guna mencapai target sigma level. Pada tahap ini akan menyajikan usulan perbaikan dan pengendalian yang didapatkan dari interpretasi hasil. Setelah akar dari masalah penyebab kualitas teridentifikasi, maka perlu dilakukan penetapan rencana tindakan untuk melaksanakan peningkatan kualitas. Dalam upaya memberikan usulan perbaikan, akan dilakukan menggunakan konsep bertanya 5W-1H yaitu What (apa), Why (mengapa), Where (dimana), When (kapan), Who (siapa) dan How (bagaimana). Selain itu juga akan diberikan usulan secara teknis dalam upaya perbaikan penyebab potensial kegagalan.

### 4. Control (Pengendalian)

Untuk menjaga perbaikan dari tahap sebelumnya dapat terus berlangsung dan mengevaluasi hasil dari perbaikan dalam kurun waktu tertentu serta dapat mengetahui hasil dari perbaikan, maka dalam penelitian ini akan disajikan beberapa usulan pengendalian agar proses perbaikan dapat berjalan dengan lancar.

## 2.1. DOE (Design of Experiments)

Serangkaian percobaan yang dilakukan dengan membuat perubahan-perubahan pada variabel input dari proses atau suatu sistem yang bertujuan untuk mengetahui sebab-sebab perubahan yang terjadi pada outputnya. DOE merencanakan bagaimana melakukan percobaan dan analisa untuk mendapatkan sebanyak mungkin informasi dengan kondisi atau faktor yang ada.

- Variabel input (X) apa yang memiliki dampak yang besar terhadap variabel output (Y)?
- Seberapa besar dampaknya dalam bentuk jumlah?
- Seberapa besar total dampak dari variabel input yang tidak penting?
- Seberapa besar kesalahan pengukuran?
- Bagaimana pengaturan variabel input yang optimal memiliki dampak yang paling berpengaruh?

Tujuan DOE adalah (i) mengetahui interaksi diantara variabel X yang telah ditentukan, (ii) membuat model matematika dari Y menggunakan X yang ada, (iii) membuat setting dari X yang menghasilkan Y tertinggi.

Menurut Muis (2014: 185-195), DOE atau design of experiments / merancang percobaan, merupakan inti dari tahap Analisis dan Improvement pada metode six sigma, karena tanpa memahami secara mendalam letak permasalahan yang

akan dipelajari dalam proyek six sigma, perbaikan hanya akan menyentuh permukaan permasalahan saja dan tidak efektif untuk menyelesaikan masalah secara permanen.

## 2.2. Model statistik untuk DOE faktorial lengkap

Keluaran terpenting dari analisa bagi suatu perancangan percobaan yang baik adalah tersedianya model statistik yang menggambarkan hubungan antara faktor dan respon. Model lengkap untuk perancangan percobaan faktorial lengkap 23 adalah:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 + \beta_{123} X_1 X_2 X_3 + \text{derau}$$

Perkiraan koefisien model:

$Y$ :  $\beta_0$  adalah rata-rata respon

$\beta_i$ : efek utama faktor  $i/2$

$\beta_{ij}$ : efek interaksi faktor  $i$  dan faktor  $j/2$

$\beta_{ijk}$ : efek interaksi faktor  $i$  dan faktor  $j$  dan faktor  $k/2$

## 3. METODOLOGI

Dengan menggunakan metode six sigma DMAIC, sebelum dilakukan penelitian eksperimen dengan DOE akan dilakukan pengukuran dengan melakukan Gage R&R operator pada tahap Measure. Sedangkan pada tahap Analysis akan dilakukan eksperimen / DOE full factorial 23 dengan kondisi tiga variabel setting parameter atas dan bawah sebagai berikut:

Tabel 1.

Faktor vital dari variabel percobaan penelitian

Variabel Faktor X	Low Level	High Level
Temperature Mold	40 derajat celcius	80 derajat celcius
Pressure Injection	90 Mpa	90 Mpa
Speed Injection	20%	50%

Sumber: peneliti (2018)

## 4. HASIL

### 4.1. Tahap Define

Tahap awal dalam six sigma DMAIC adalah penentuan Project Charter (Tabel.2) disusun dalam rangka menentukan baseline, tujuan project, fungsi masing-masing departemen, serta rencana jadwal kegiatan (DMAIC) yang akan dilakukan untuk meningkatkan yield rate mold model-E dengan meminimalisir cacat injection appearance.

## 4.2. Tahap Measure

Pada tahap measure peneliti dan team six sigma PT XYZ melakukan pengukuran kondisi awal kapabilitas proses dari injection pada mold model-E dan mengukur juga kondisi operator dalam kemampuannya menginspeksi produk.

Berdasar data kualitas pada tahun 2017 bisa didapatkan kapabilitas proses kondisi awal PT XYZ sebelum perbaikan untuk Mold Model-E (Tabel.3).

Tabel 2.  
Project Charter PT XYZ

Project Charter PT XYZ						
Project Name	Increase Yield Rate Mold Model-E at PT XYZ by reduce defect			Process	Effect	
Problem Statement	Kerugian akibat cacat produk di mold model-E tahun 2017 mencapai Rp 62 juta			1. Production 2. Quality	1. Productivity 2. Cost	
Implementation Scope	PT Fajar Surya Lestari Mold Model-E			Team Member		
Key Performance Index	Base Line	Target	Unit	Name	Dept	Role
Yield Rate	74	90 (↑)	%	Dedi	Mold	Leader
DPMO	2,800	1,000 (↓)	PPM	Tomi	PE	Improve
Defect Cost	62 juta	5 juta (↓)	Rupiah	Taufik	Injection	Improve
Sigma Level	4.3	4.6	σ			
Expected Project	Reduce defect cost	Define	Measure	Analysis	Improve	Control
Plan Schedule		Jan.Y17	Feb.Y17	Mar.Y17	Mar.Y17	Apr~De c.Y17

Sumber: Data internal PT Fajar Surya Lestari (2018)

Tabel 3.  
Kapabilitas Proses Mold Model-E PT XYZ tahun 2017

Tahun	Kapabilitas Proses Mold Model-E		
	% Defective	PPM Defective	Process Z
2017	21.61	216,604	0.7856

Sumber: Data internal PT Fajar Surya Lestari (2017).

MSA Tool ini digunakan untuk mengukur kondisi operator dalam melakukan inspeksi produk terutama membedakan produk yang bagus dan produk yang cacat. Pengukuran dilakukan dengan metode MSA Gauge R&R, dilakukan eksperimen pengumpulan data dengan kondisi operator pertama masih baru dan operator kedua sudah berpengalaman.

Tabel 4.  
MSA operator kondisi before vs after

Kondisi	All appraisers vs Standard		
	Assesment Agreement %	Kappa Statistics	Z
Before	53.33	0.60	4.656
After	93.33	0,96	7.438

*Sumber: Data internal PT XYZ (2017)*

Hasil pengukuran menunjukkan Kappa Statistic berkisar 0.96 lebih tinggi daripada ambang batas AIAG (Automotive Industry Action Group) minimal 0.7 sehingga operator baik baru dan berpengalaman mampu menentukan OK dan NG dari produk. Hasil ini menunjukkan operator baik baru dan berpengalaman dapat mendeteksi cacat produk 96% setelah training dan dengan bantuan JIG.

#### 4.3. Tahap Analysis

Selanjutnya dalam tahap analysis akan dilakukan eksperimen DOE untuk tiga variabel mesin (mold temperature, injection pressure dan injection speed). Data dikumpulkan dengan metode DOE, eksperimen pengumpulan data dengan kondisi mesin injection sebagai berikut,

A. Kondisi Mesin

Maker Name: WOOJIN  
Model Name: DAIREX  
Tonase: 450 Ton

B. Resin Plastik

Maker Name: LOTTE  
Resin Type: ABS + PMMA  
Resin Grade: SF0505EH G01153

Jumlah sample 30 produk per masing-masing kondisi

Berdasarkan hasil eksperimen, berikut ini table ringkasan DOE

Tabel 5  
Ringkasan Hasil Design of Experiment

No	Temperature Mold	Injection Pressure	Injection Speed	Yield %
1	40 derajat Celcius	90 Mpa	20%	43.33
2	80 derajat Celcius	90 Mpa	20%	73.33
3	40 derajat Celcius	120 Mpa	20%	56.67
4	80 derajat Celcius	120 Mpa	20%	76.67
5	40 derajat Celcius	90 Mpa	50%	66.67
6	80 derajat Celcius	90 Mpa	50%	86.67
7	40 derajat Celcius	120 Mpa	50%	63.33
8	80 derajat Celcius	120 Mpa	50%	96.67

*Sumber: peneliti (2018)*

Menggunakan Minitab dilakukan uji normalitas data, hasil P-value 0,986 lebih besar dari 0,05 maka dapat disimpulkan kondisi data adalah Normal Distribusi.

Tabel 6.  
Final model F-value dan P-value

No	Variabel	F-value hitung	F-tabel $\alpha=0.05$	P-value	Ambang Batas	Keterangan
1	Temp	261.08	10.13	0.001	0.05	Valid
2	Press	13.32	10.13	0.036	0.05	Valid
3	Speed	98.08	10.13	0.002	0.05	Valid
	Interaksi					
4	Temp*Press*Speed	13.32	10.13	0.036	0.05	Valid

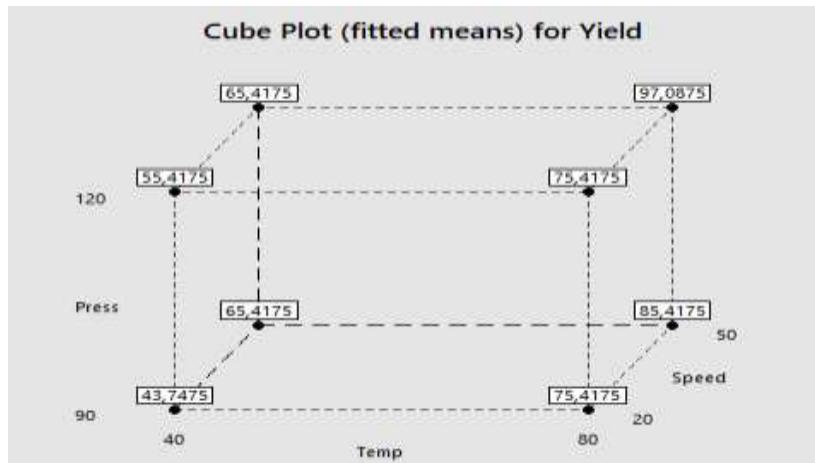
Sumber: Data Penelitian diolah dengan Minitab (2018)

Dari model diatas dihasilkan R-sq 99,23% menunjukkan determinasi bahwa temperature, pressure dan speed mempengaruhi yield 99,23% dan sisanya 0,77% dari penyebab lainnya. Regresi formula (coded unit) didapatkan sebagai berikut  
 $Yield = 70,418 + 12,918 * Temp + 2,918 * Press + 7,918 * Speed + 2,918 * Temp * Press * Speed$

#### 4.4. Tahap Improve

Sesuai hasil analisa DOE dengan minitab, perbaikan yang akan dilakukan dengan menggunakan setting mesin injection pada kondisi: (a) Temperatur maksimal 80 derajat Celcius; (b) Pressure pada maksimal 120 Mpa; (c) Speed pada maksimal 50% seperti terlihat pada Gambar 1.

Gambar 1.  
Cube Plot hasil DOE



Sumber: Peneliti (2018)

Tabel 7.  
Kapabilitas Proses Mold Model-E PT XYZ before vs after

Tahun	Kapabilitas Proses Mold Model-E		
	% Defective	PPM Defective	Process Z
2016 (before)	21.61	216,604	0.7856
2017 (after)	0.13	1,308	3.0097

Sumber: Peneliti dengan mengolah data internal PT Fajar Surya Lestari (2018)

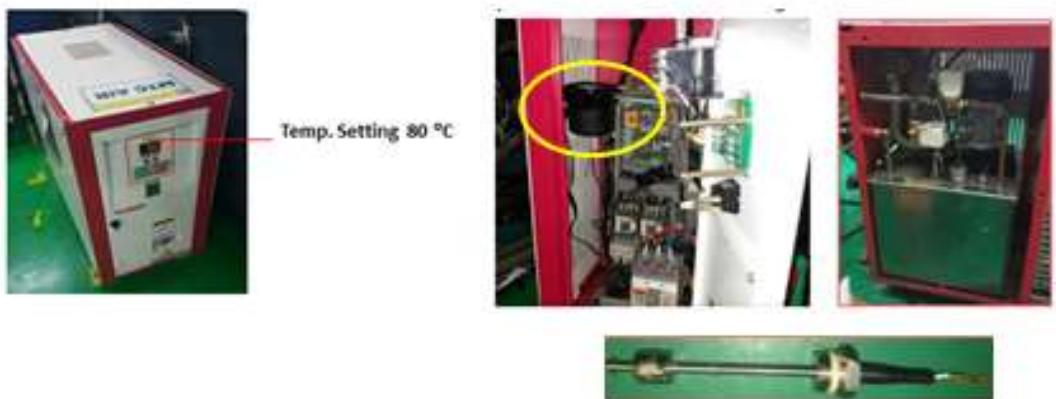
Sigma level untuk mold model-E merupakan penjumlahan Process Z + 1.5 didapatkan peningkatan sigma level setelah perbaikan setting parameter injection (temperature, pressure, speed) dari  $2.3\sigma$  menjadi  $4.5\sigma$ . Dari data diatas cacat turun dari 21.61% menjadi 0.13% menunjukan terjadi perbaikan proses di mold model-E.

#### 4.5. Tahap Control

Tahap control management merupakan tahap pengendalian terhadap proses perbaikan yang dilakukan secara terus menerus untuk meningkatkan kapabilitas proses menuju target six sigma.

Beberapa aktivitas yang akan dilakukan pada tahap control management adalah dengan adanya pendokumentasian praktek-praktek standar berdasarkan hasil-hasil pengukuran yang telah dilakukan, pelatihan dalam rangka implementasi praktek-praktek standar tersebut, dan melakukan pemantauan terhadap pencapaian tingkat kepuasan konsumen sebagai tujuan utama perusahaan. Selain itu dilakukan untuk menjaga kualitas injection dilakukan pencegahan terulangnya kembali cacat dengan: (a) Pembuatan alarm pengontrol temperature pada MTC; (b) Maintenance dan kalibrasi mesin secara periodik untuk menajaga stabilitas speed dan pressure mesin; (c) Pelatihan berkala kepada operator terutama pada operator kontrak.

Gambar 2.  
Alarm MTC penambahan speaker dan sensor pelampung oli



Sumber: Peneliti (2018)

### 5. PEMBAHASAN

Dampak dari perbaikan yield rate mold model-E, data cacat total produk PT Fajar Surya Lestari tahun 2018 PT Fajar Surya Lestari tidak ada reject di customer. Sigma level juga mengalami perbaikan, total persentase cacat hanya 0.058% atau  $4.7\sigma$ .

Dengan metode lean six sigma DMAIC, perbaikan di PT Fajar Surya Lestari berhasil menurunkan kerugian akibat cacat produk pada mold injection part

model-E dari yang sebelumnya Rp 62,035,600.00 menjadi hanya Rp 531,300.00 atau turun 99.14% di tahun 2018. Yield rate terjadi perbaikan dari sebelumnya hanya 74~83% menjadi 96~100% dan berimbang dengan kenaikan sigma level dari  $4.3\sigma$  menjadi  $4.7\sigma$ .

## 6. SIMPULAN, IMPLIKASI DAN KETERBATASAN

### 6.1. Simpulan

1. Temperature berpengaruh positif dan signifikan terhadap yield rate injection PT. Fajar Surya Lestari. Besarnya pengaruh temperatur merupakan yang paling besar dibandingkan dengan pengaruh dari variabel lainnya, dalam penelitian ini untuk mencapai Yield yang maksimum dipakai kondisi temperatur 80 derajat Celcius
2. Injection Speed berpengaruh positif dan signifikan terhadap yield rate injection PT. Fajar Surya Lestari, variabel injection speed memiliki pengaruh terbesar kedua terhadap cacat injection setelah variabel temperatur. Dalam penelitian ini untuk mencapai Yield yang maksimum dipakai kondisi injection speed 50%
3. Injection Pressure berpengaruh positif dan signifikan terhadap yield rate injection PT. Fajar Surya Lestari, variabel injection pressure memberikan pengaruh yang paling kecil terhadap yield rate injection PT.Fajar Surya Lestari jika dibandingkan dengan dua variabel lainnya. Dalam penelitian ini untuk mencapai Yield yang maksimum dipakai kondisi injection pressure 120MPa.
4. Secara simultan temperatur, injection speed dan injection pressure berpengaruh secara positif dan signifikan terhadap yield rate injection. Besarnya pengaruh ketiga variabel secara simultan sebanding atau sama dengan variabel injection pressure. Besarnya hubungan pengaruh ketiga variabel ditunjukkan dari hasil R-sq 99,23%, hal ini menunjukkan determinasi bahwa temperature, injection pressure dan injection speed mempengaruhi yield rate injection 99,23% dan sisanya 0,77% dari penyebab lainnya.

### 6.2. Implikasi

- 1) Guna menjaga kualitas injection produk nya PT Fajar Surya Lestari perlu secara periodik menjaga kondisi temperatur, pressure dan speed pada mesin injection dan mold. Selain perbaikan yield rate injection, selanjutnya perusahaan bisa menggunakan DOE (Design of Experiments) untuk menganalisa jenis permasalahan yang lain seperti handling, assembling dan lain nya supaya dapat tercapai level 6 sigma.
- 2) Perlu upaya untuk meningkatkan ketrampilan karyawan dalam hal ini inspektor baik yang masih baru maupun yang sudah berpengalaman agar mereka tetap terjaga repeatability dan reproductivity nya, terlebih terhadap

kondisi kerja sekarang dimana perusahaan memakai tenaga kerja kontrak untuk karyawan baru sehingga perlu direncanakan dengan matang saat awal recruitment dan training.

- 3) Pemakaian teknologi sederhana menggunakan JIG dan sensor sangat membantu dalam peningkatan kualitas di perusahaan. Namun perlu di monitoring lebih lanjut secara periodik dengan dilakukan kalibrasi dengan master sample OK dan NG agar tetap terjaga Gage R&R dari JIG.

### 6.3. Keterbatasan

Penelitian saat ini masih memiliki beberapa keterbatasan diantaranya untuk DOE injection hanya memakai 3 variabel yaitu temperature, speed dan pressure, sehingga perlu di uji juga terhadap variabel yang lain seperti injection time, design mold, cooling system, resin type dan faktor yang lainnya. Pemakaian software Computer Aided Engineering (CAE) seperti Moldflow juga bisa digunakan untuk penelitian lebih lanjut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Dwivedi , Vikash dan Mohd. Siraj , Mohd. Anas. (2014). Six Sigma; As Applied in Quality Improvement for Injection Moulding Process. International Review of Applied Engineering Research. Vol. 4, No. 4, pp. 317-324.
- Gaspersz. (2008). The Executive Guide to Implementing Lean Six Sigma. Startegi dramatis reduksi cacat / kesalahan, biaya, inventori, dan lead time dalam waktu kurang dari 6 bulan. Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Hana et al (2015). Pengendalian Kualitas; Aplikasi pada Industri Jasa dan Manufaktur dengan Lean, Six Sigma, dan Servqual. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Mandawi, Nabeel., dan Obeidat, Suleman. (2012). Six Sigma Implementation to minimize weight variation for lido diaper manufacturing company. International Journal Six Sigma and Competitive Advantage. Vol.7. No.5, pp.243-254.
- Mishra, Ashish., et.al. (2015). Six Sigma Methodology In A Plastic Injection Molding Industry: A Case Study. International Journal of Industrial Engineering and Technology. Vol.7, No 1, pp. 15-30.
- Muis, Saludin. (2014). Metodologi Six Sigma, Teori dan Aplikasi di Lingkungan Pabrikasi. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Rajendra Khavekar., et. al. (2017). A Comparative Analysis of Taguchi Methodology and Shainin System DoE in the Optimization of Injection Molding Process Parameters. IOP Conference Series: Material Science and Engineering. 225 012183.
- Yadav Jogender Singh. (2014). Application of Six Sigma in Injection Moulding Process. Internasional journal of R&D in Engineering, Science and Management. Vol.1, Issue I, AUG 2014. pp.:8-16, ISSN 2393-865X.