Prosiding **SEMNASTERA (Seminar Nasional Teknologi dan Riset Terapan)**
Politeknik Sukabumi, 26 Oktober 2024

PERBAIKAN KUALITAS PRODUKSI UNTUK MENGURANGI TINGKAT KECACATAN *CYILINDER HEAD COVER* TIPE D73 MENGGUNAKAN METODE *SIX SIGMA* DI PT TOYOTA BOSHOKU INDONESIA

Ludvi Arif Wibowo, M.Malik Ibrohim

Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Sukabumi Jl. Babakan Sirna No.25, Benteng, Kec. Warudoyong, Kota Sukabumi, Jawa Barat 43132

Muhammad.malik1209@gmail.com

Abstrak

PT. Toyota Boshoku Indonesia merupakan perusahaan yang bergerak di bidang *manufacture and sales seat and interior components.* Yang salah satunya memproduksi *cyilinder head cover.* Permasalahan yang terjadi pada industri otomotif ini adalah terdapat produk yang cacat *abnormal* yang mengakibatkan produksi tidak berjalan lancar. Oleh karena itu sangat di butuhkan penyelesaian masalah dengan menggunakan metode *six sigma* yang terdiri dari lima fase.Penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki kualitas produksi cyilinder head cover. Diketahui rata-rata defect setiap harinya sebanyak 60 unit.*Defect* yang sering terjadi adalah *burry*. Hal ini dapat menjadi keerugian apabiila tidak di perbaiki sebab banyak produk yang gagal dalam setiap proses produksi.

Kata kunci : Perbaikan, *Six sigma,* Kualitas

I. PENDAHULUAN

Didalam dunia industri produk *defect*/cacat merupakan permasalahan yang perlu di perhatikan. Kualitas produk merupakan hal yang penting yang harus di usahakan jika ingin menghasilkan produk yang dapat bersaing di pasar.

PT Toyota Boshoku Indonesia memproduksi beberapa jenis produk salah satunya *cyilinder head cover*, dalam proses produksi tersebut terdapat banyak produk yang cacat dan tidak memenuhi spesifikasi, Hasil *output* produk tersebut tidak sesuai dengan spesifikasi kualitas yang di tentukan perusahaan kemudian di kategorikan sebagai *defect*, terdapat bermacam defect di setiap bulannya. Antara lain seperti terdapat *Burry*, *Gompal*, dan *short shot*.

Hal ini mendorong penulis untuk melakukan *improvement* menggunakan metode *six sigma* melalui lima tahapan yaitu *define, measure, analyze ,improve, dan control,* dengan tujuan untuk menemukan akar penyebab, menemukan Solusi serta menemukan Tingkat persentase *defect* dan sigma dalam upaya mengurangi *defect*.

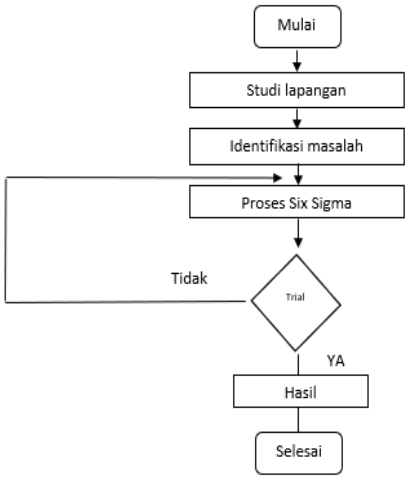
Tabel 1. Persentase defect

BULAN	Jumlah produksi	Jenis defect			Jumlah defect	Persentase jumlah kecacatan
		SHORT	*BURRY*	GOMPAL		
NOVEMBER	10.200	60	386	89	535	5,24%
DESEMBER	9.460	42	220	61	323	3,41%
JANUARI	10.060	40	370	97	507	5,03%
FEBRUARI	12.160	45	373	94	512	4,21%
MARET	10.800	32	375	54	461	4,26%
APRIL	10.500	29	404	51	484	4,60%
MEI	10.645	40	380	36	456	4,28%
JUNI	10.875	35	401	38	474	4,35%
JULI	10.990	39	411	52	502	4,56%
JUMLAH	83.702	362	3.320	572	4.254	39,94%
RATA-RATA	9.300	40	368	63.05.00	472	4,43%
PERSENTASE DEFECT %		0,43%	3,96%	0,68%		

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Sistematika

Dalam perbaikan menggunakan metode *six sigma*, metode penelitian yang dilakukan dengan cara metode gabungan (mix*ed methods)* dengan analisa hasil secara kuantitatif dan kualitatif. Tahapan tahapan yang di lakukan adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Diagram Alir

B. Alat bantu/tools yang dipakai

Alat bantu yang dipakai pada metode six sigma ini melalui lima tahapan antara lain:

1. Tahap *Define* menggunakan *tools SIPOC*
2. Tahap *Measure* menggunakan *tools Control chart*
3. Tahap *Analyze* menggunakan *tools* diagram pareto dan diagram *fishbone*
4. Tahap *Improve* menggunakan *tools* Taguchi
5. Tahap *Control* menggunakan *tools* poka yoke

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Tahap Define

Tahap define merupakan tahap awal dalam six sigma dimana dalam tahap ini hal yang di lakukan adalah mendefinisikan masalah kualitas yang terjadi pada proses produksi pembuatan *cyilinder head cover D73.* Pada tahap pertama ini alat bantu/tools yang digunakan yaitu *SIPOC* bertujuan untuk mengetahui proses produksi dari awal sampai akhir, apakah dalam salah satu proses tersebut berkaitan dalam problem kualitas. Berikut ini merupakan hasil table *SIPOC*

Tabel 2. *SIPOC*

SUPPLIER	*INPUT*	*PROCESS*	*OUTPUT*	*CUSTOMER*
PT. NIPPISUN Indonesia	Material *Cyilinder head cover*	*Injection mold* (Pencetakan)	*Cyilinder head cover*	PT. ASTRA DAIHATSU MOTOR
PT. OTICS Indonesia	*OCV (Oil Control Valve)*			PT. TOYOTA MOTOR MANUFACTURING Indonesia

1) *Supplier* ialah pemasok bahan baku dari cyilinder head cover yang terdiri dari *polypropylene* dan metal untuk *ocv.*
2) *Input* Bahan baku untuk prosess *cyilinder head cover* yaitu *Polypropylene* Bahan baku utama dari produk dan ocv.



Gambar 2. Bahan baku polypropylene



Gambar 3. Bahan baku ocv

3) *Process* Merupakan langkah langkah yang mengubah output menjadi input

Berikut cara kerja injection moulding pada proses cyilinder head cover: Langkah pertama dalam proses injection moulding adalah bahan baku plastik berupa polypropylene di masukan ke dalam hooper, setelah itu tekanan, kecepatan dan parameter mesin di setting dan bahan baku plastik tersebut di masukan ke dalam barrel untuk kemudian di panaskan. Selanjutnya screw berputar dan mengalirkan listrik sehingga bahan baku tadi mulai meleleh. Saat plastik akan diinjeksikan ke dalam nozzle, moulding unit di tutup oleh clamping unit. Setelah di tutup dan di tekan oleh clamping unit, plastik di masukan ke dalam clamping unit melalui nozzle, pada saat plastik di masukan ke dalam moulding unit, screw berhenti berputar, kemudian clamping unit menarik core mold sehingga mold terbuka. Setelah itu produk plastik yang telah di cetak di

lepas dengan ejector pada moulding unit.

4) *Output* = Merupakan produk finish good yang di buat dari hasil proses



Gambar 4. Output produk

5) *Customer* Ialah pelanggan atau penerima output.

Gambaran jenis kecacatan

Berikut merupakan gambaran jenis kecacatan/defect di bawah ini :



Gambar 5. Defect Burry

B. Tahap Measure

Tahap perhitungan pada tahap ini dilakukan perhitungan menggunakan *tools control chart* untuk mengetahui Tingkat *defect*

Tabel 3. Jumlah *Defect*

BULAN	JUMLAH PRODUKSI	JUMLAH DEFECT BURRY
NOVEMBER	10.200	386
DESEMBER	9.460	220
Januari	10.060	370
FEBRUARI	12.160	373
Maret	10.800	375
APRIL	10.500	404
MEI	10.645	380
JUNI	10.875	401
JULI	10.990	411
JUMLAH	83.702	3.320
RATA-RATA	9.300	368

1.Control chart

Menghitung nilai rata – rata ketidaksesuaian

Menghitung rata – rata tidak kesesuaian (P) yaitu jumlah cacat produk (np), dibagi jumlah produksi (n) adalah:

CL= p= $\frac{jumlah\ defect}{jumlah\ produksi}$

CL= p= $\frac{3320}{83702}$ = 0,03966

1) Menghitung kerusakan jumlah produk cacat

$p = \frac{np}{n}$

Keterangan :

P : Rata-rata ketidaksesuaian

np : Jumlah produk cacat

n : Jumlah produk

November : $p = \frac{386}{10200}$ = 0,0378

Desember : $p = \frac{220}{9460}$ = 0,02325

Januari : $p = \frac{370}{10060}$ = 0,03677

Februari : $p = \frac{373}{12160}$ = 0,03067

Maret : $p = \frac{375}{10800}$ = 0,03472

April : $p = \frac{404}{10500}$ = 0,03847

Mei : $p = \frac{380}{10645}$ = 0,03569

Juni : $p = \frac{401}{10875}$ = 0,03687

Juli : $p = \frac{411}{10990}$ = 0,03739

2) Menghitung batas kendali atas atau Upper Control Limit (UCL) dan batas kendali bawah Lower Control Limit (LCL)

$UCL = p + \sqrt{np1(-np)}$

$LCL = p - \sqrt{np1(-np)}$

Keterangan:

CL = p = garis tengah (Central Limit)

UCL = (batasan kendali atas) Upper Control

Limit LCL = (batasan kendali dasar) Lower Control Limit

a) November

UCL:0,03966+$\frac{\sqrt{0,03966(1-0,03966)}}{10200}$

=0,041592

LCL:0,03966-$\frac{\sqrt{0,03966(1-0,03966)}}{10200}$

=0,03772

b) Desember

UCL:0,03966+$\frac{\sqrt{0,03966(1-0,03966)}}{9460}$

= 0,03966

LCL:0,03966-$\frac{\sqrt{0,03966(1-0,03966)}}{9460}$

=0,037653

c) Januari

UCL:0,03966+$\frac{\sqrt{0,03966(1-0,03966)}}{10060}$

= 0,04565

LCL:0,03966-$\frac{\sqrt{0,03966(1-0,03966)}}{10060}$

=0,03366

d) Februari

$$UCL:0{,}03966+\frac{\sqrt{0{,}03966(1-0{,}03966)}}{12160} = 0{,}04142$$

$$LCL:0{,}03966-\frac{\sqrt{0{,}03966(1-0{,}03966)}}{12160} = 0{,}03789$$

e) Maret

$$UCL:0{,}03966+\frac{\sqrt{0{,}03966(1-0{,}03966)}}{10800} =0{,}041537$$

$$LCL:0{,}03966-\frac{\sqrt{0{,}03966(1-0{,}03966)}}{10800} = 0{,}037782$$

f) April

$$UCL:0{,}03966+\frac{\sqrt{0{,}03966(1-0{,}03966)}}{10500} = 0{,}041564$$

$$LCL:0{,}03966-\frac{\sqrt{0{,}03966(1-0{,}03966)}}{10500} =0{,}03775$$

g) Mei

$$UCL:0{,}0396+\frac{\sqrt{0{,}03966(1-0{,}03966)}}{10645} =0{,}04155$$

$$LCL:0{,}03966-\frac{\sqrt{0{,}03966(1-0{,}03966)}}{10645} =0{,}03776$$

h) Juni

$$UCL:0{,}03966+\frac{\sqrt{0{,}03966(1-0{,}03966)}}{10875} = 0{,}041531$$

$$LCL:0{,}03966-\frac{\sqrt{0{,}03966(1-0{,}03966)}}{10875} = 0{,}03778$$

i) Juli

$$UCL:0{,}03966+\frac{\sqrt{0{,}03966(1-0{,}03966)}}{10990} = 0{,}04152$$

$$LCL:0{,}03966-\frac{\sqrt{0{,}03966(1-0{,}03966)}}{10990} = 0{,}03779$$

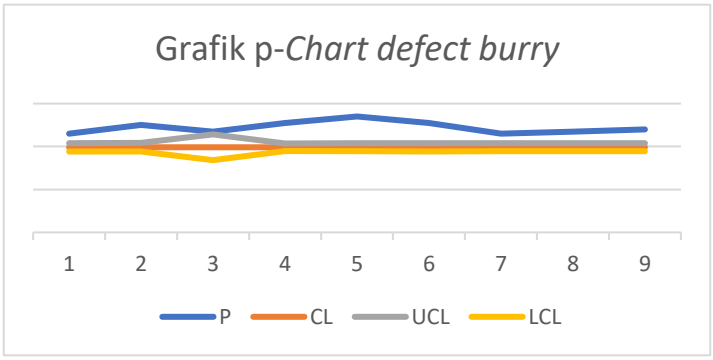
Dari perhitungan yang telah dilakukan diatas dapat disajikan dalam tabel perhitungan batas kendali serta grafik batas kendali sebagai berikut :

Tabel 4. *P Chart*

Bulan	Jumlah prod	Jumlah Cacat	P	CL	UCL	LCL
NOVEMBER	10200	386	0,03784	0,03966	0,04159	0,03772
DESEMBER	9460	220	0,02325	0,03966	0,04166	0,03765
Januari	10060	370	0,03677	0,03966	0,04565	0,03366
FEBRUARI	12160	373	0,03067	0,03966	0.04142	0,03789
Maret	10800	375	0,03472	0,03966	0,04154	0,03778
APRIL	10500	404	0,03847	0,03966	0,04156	0,03775
MEI	10645	380	0,03569	0,03966	0,04155	0,03776
JUNI	10875	401	0,03887	0,03966	0,04153	0,03778
JULI	10990	411	0,03739	0,03966	0,04152	0,03779
JUMLAH	83702	3320				

Selanjutnya dapat dibuat peta kendali *p* yang dapat dilihat pada gambar berikut ini :

Grafik 1.p-Chart



Dari peta kendali p diatas dapat diketahui bahwa masih terdapat adanya kecacatan produk di PT Toyota Boshoku yang melebihi batas kendali yaitu pada periode April dengan proporsi kecacatan 0,038 dan pada periode juni yaitu dengan proporsi kecacatan sama 0,038. Adanya kecacatan produk yang melebihi batas kendali, maka diperlukan tindakan untuk mengurangi kecacatan tersebut. Fungsi dari perhitungan batas peta kendali dan tabel Peta Kendali P seperti diatas adalah untuk mengevaluasi apakah suatu proses berada dalam pengendalian kualitas secara statistik atau tidak sehingga dapat memecahkan masalah dan menghasilkan perbaikan kualitas. Pada gambar diatas menunjukan ada nilai yang keluar batas atau disebut *out of control* (diluar batas kendali).

2. Menghitung DPMO dan

nilai sigma

1) Menghitung DPMO (defect permillion opportunities)

$$DPMO = \frac{\text{Total cacat}}{\text{Total Produksi}} x$$ 1.000.000

a) November : DPMO = $\frac{386}{10200} \times 1.000.000$ = 37843

b) Desember : DPMO = $\frac{220}{9460} \times 1.000.000$ = 23255

c) Januari : DPMO = $\frac{370}{10060} \times 1.000.000$ = 36779

d) Februari : DPMO = $\frac{373}{12160} \times 1.000.000$ = 30674

e) Maret : DPMO = $\frac{375}{10800} \times 1.000.000$ = 34722

f) April : DPMO = $\frac{404}{10500} \times 1.000.000$ = 38476

g) Mei : DPMO = $\frac{380}{10645} \times 1.000.000$ = 35697

h) Juni : DPMO = $\frac{401}{10875} \times 1.000.000$ = 36873

i) Juli : DPMO = $\frac{411}{10990} \times 1.000.000$ = 37397

Untuk bulan November terdapat DPMO sebesar 37843 artinya : terdapat bagian cacat sebesar 37843 dari keseluruhan produksi kemungkinan cacat yang ada di bulan Juli.

2)Mencari nilai sigma level

$$Normsinv((1.000.000 - 39664) \div 1.000.000) + 1.5 = 3,25$$

Dari data perhitungan tabel diatas dapat disajikan dalam bentuk tabel dibawah ini :

Tabel 5.hasil perhitungan dpmo dan nilai sigma

No	Bulan	Jumlah Produksi (pcs)	JumlahCacat (pcs)	*DPMO*	*Sigma*
1	November	10200	386	37843	3,28
2	Desember	9460	220	23255	3,49
3	Januari	10060	370	36779	3,29
4	Februari	12160	373	30674	3,37
5	Maret	10800	375	34722	3,32
6	April	10500	404	38476	3,27
7	Mei	10645	380	35697	3,3
8	Juni	10875	401	36873	3,29
9	Juli	10990	411	37397	3,28
Total		83702	3320	Nilai DPMO	3,25

Dari hasil perhitungan diatas diketahui bahwa nilai sigma berada di angka dibawah 3,5, sehingga masih di perlukan upaya untuk peningkatan kualitas menuju target tingkat kegagalan sangat kecil yang mendekati zero defect.

C. Tahap Analyze

Tahap *analyze* merupakan tahapan ketiga dari six sigma yang merupakan tahapan dimana akar penyebab masalah akan dianalisis dan menentukan sumber variasi terbesar penyebab defect yang nantinya akan dilakukan perbaikan. Pada tahap ini menggunakan beberapa tools seperti diagram pareto, dan diagram sebab akibat atau fishbone diagram.

1. Diagram Pareto

Berdasarkan data diatas Berikut merupakan diagram pareto berdasarkan data jumlah defect produksi.

Grafik 2. Diagram pareto

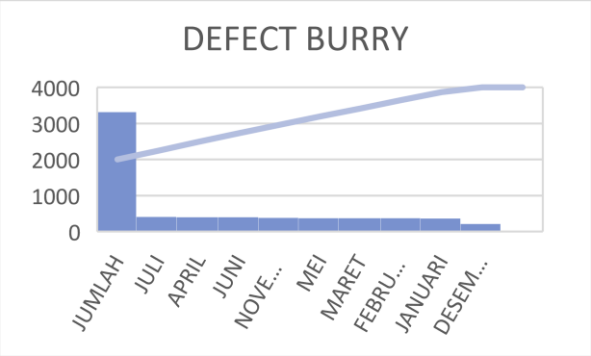


Diagram pareto pada grafik 4.1.3 menunjukan bahwa defect burry masih tinggi dan menjadi penyebab terjadinya kegagalan terbesar pada cyilinder head cover dan selajutnya akan di lakukan usaha perbaikan agar kualitas dapat di tingkatkan.

2. Diagram *Fishbone*

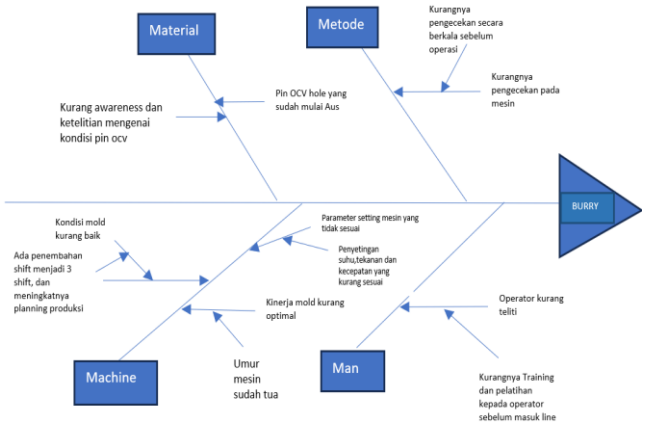
Diagram yang digunakan untuk mencari akar penyebab permasalahan, tetapi sebelum itu akar masalah akan analisis menggunakan metode why-why analisis agar dapat mengidentifikasi akar masalah atau penyebab dari sebuah ketidaksesuaian pada proses atau produk, antara lain sebagai berikut:

Tabel 6. Why why analisis

Variabel	Problem Analisis	*Why 1*	*Why 2*	*Why 3*
Methode	Pengecekan Mesin kurang efektif	Belum adanya ceciksheet mengenai pengecekan berkala sebelum operasi		
Material	Pin OCV sudah mulai aus	Penggunaan yang terus menerus dan tingginya produksi	Rendahnya kesadaran operator mengenai material (PIN OCV)	Kurang awareness dan ketelitian mengenai kondisi pin ocv
Machine	Kondisi mold kurang baik	Kurangnya perawatan	Belum berjalan kembali schedule perawatan	Ada penembahan shift menjadi 3 shift, dan meningkatnya planning produksi
	Kinerja mold kurang optimal	Umur mesin sudah tua		
	Parameter setting mesin yang tidak sesuai	Suhu temperatur, tekanan dan kecepatan kurang	Ada kesalahan dalam menginput suhu	Kurangnya Komunikasi
Man	Operator kurang teliti	Skill operator tidak merata/berbeda beda	Ada penembahan shift sehingga operator baru adaptasi	Kurangnya pelatihan dan training kepada operator

Selanjutnya Faktor-faktor tersebut kemudian di konversikan dalam *fishbone diagram* sebagai berikut:

Grafik 3. *Diagram Fishbone*



Penggunaan diagram sebab akibat/fishbone untuk menelusuri akar permasalahan yang menyababkan terjadinya defect burrydi sebabkan oleh beberapa faktor penyebab yaitu

1) Faktor Mesin *(Machine)*

Faktor pertama yaitu faktor mesin, terdapat tiga faktor yang mempengaruhi yaitu sebagai berikut :

a. Parameter setting mesin yang tidak sesuai dapat menyebabakan defect burry, hal ini di karenakan proses pembuatan cyilinder head cover dilakukan oleh mesin injeksi full atomatic dan terjadinya defect dikarenakan plastik gagal terinjeksi secara penuh kedalam ruang mold. Penyetelan suhu yang kurang tepat berpengaruh, Penyetelan suhu yang terlalu tinggi,semakin tinggi suhu akan memperbanyak cacat produk plastik yang dihasilkan.

b. Kinerja mold kurang optimal dapat di sebabkan oleh Kondisi mould yang kurang baik karena umur pakai sudah tua dan penggunaan mould terus-menerus. Kondisi mould yang kurang baik akan mengakibatkan defect karena mengganggu proses masuknya plastik kedalam mould sehingga akan menyisakan ruang yang belum terisi pada mould. Kondisi mould yang kurang baik biasanya disebabkan karena kontrol perawatan mould yang kurang.

c. Kondisi mold kurang baik disebabkan karena kurangnya perawatan, perawatan paling dasar seperti menjaga kebersihan mesin industri yang kurang rutin di lakukan, sebab berbagai macam kotoran dan debu yang menempel pada mesin dan dapat merusak komponen yang di tempelinya, dan bila terus diabaikan akan menjalar ke bagian lainnya.
Belum berjalannya kembali jadwal perawatan dikarenakan adanya penambahan shift menjadi 3 shift sehingga hal tersebut sangat berpengaruh ditambah adanya peningkatan jumlah planning produksi.

2) Faktor Manusia *(Man)*

Operator kurang teliti dan konsentrasi dalam pekerjaannya, dan skill operator tidak merata dikarenakan ada rotasi job pergantian posisi sehingga operator yang baru kurang memahai SOP yang terdapat di bagian tersebut dan kurangnya pelatihan/training yang seharusnya di lakukan sebelum masuk ke line.

3) Faktor Metode *(Methode)*

Pengecekan mesin kurang di karenakan belum tersediannya chechsheet mengenai pengecekan berkala sebelum pekerjaan di mulai.Kurangnya kesadaran dan tidak mengikuti metode ketentuan dari SOP dan WI.

4) Faktor Material

Kondisi pin OCV hole yang sudah mulai aus dikarenakan pemakaian yang terus menerus, dan kurangnya awareness menjadi salah satu penyebab defect.

D. Improve

Setelah faktor-faktor penyabab *defect burry* diidentifikasi dengan *fishbone diagram*,maka Tahap selanjutnya yaitu perbaikan atau improve yang merupakan tahapan ke-empat dalam siklus *DMAIC*. peneliti memberikan rekomendasi perbaikan atas kegagalan yang telah menjadi prioritas utama yang menyebabkan terjadinya defect pada perusahaan. Jenis kegagalan yang diberikan rekomendasi untuk diperbaiki sesuai dengan hasil tahap analyze adalah defect burry. Sesuai dengan diagram sebab akibat yang telah dibuat bersama dengan pihak yang terkait.maka penyebab yang menyebabkan terjadinya defect burry adalah faktor mesin ,manusia,material dan metode, maka usulan suatu rekomendasi perbaikan atau tindakan secara umum untuk menekan tingkat defect produk antara lain :

Tabel 6. Improvement

Faktor	Akar Masalah	Perbaikan	
Mesin	-Kinerja mold kurang optimal	-Sebelum melaksanakan pekerjaan mesin harus dilakukan pengecekan terlebih dahulu secara berkala, dan dianjurkan untuk melakukan perawatan service mesin cetak injeksi (moulding) dianjurkan 2-3 bulan sekali.	
	-Parameter setting mesin yang tidak sesuai	-Perbaikan menggunakan tools taguchi untuk menemukan settingan yang pas agar dapat mengurangi defect.	
Manusia	Operator kurang teliti dan konsentrasi dalam pekerjaannya, dan skill operator tidak merata dikarenakan ada rotasi job pergantian posisi sehingga operator yang baru kurang memahami	Operator harus membaca SOP dan perlu adanya pemahaman pelatihan dan pengecekan agar hal tersebut tidak terulang kembali	
		Memberikan pelatihan dan sosialiaasi terkait SOP. Meningkatkan kesadaryan operator	
Metode	Pengecekan mesin kurang	Dibuatkannya checksheet dan jadwal pengecekan rutin sebelum pekerjaan di mulai	
Material	Kondisi pin OCV hole yang sudah mulai aus dikarenakan pemakaian yang terus menerus, dan kurangnya awareness menjadi salah satu penyebab defect	Dilakukan pergantian pin ocv agar dapat menurunkan tingkat defect produk.	

1. Tahap perencanaan perbaikan setting parameter

Pada penelitian ini dilakukan perbaikan kualitas produk dengan menggunakan tools taguchi dengan nilai target kualitas smaller the better untuk karakter kualitasnya yaitu meminimalkan jumlah cacat burry dengan meneliti faktor penyebab cacat burry untuk mendapatkan parameter setting optimal.

Tabel 7.suhu, temperature, dan tekanan

	Level Faktor			Satuan
	1	2	3	
Suhu Temperatur	300	280	260	°C
Kecepatan Injectiom Molding	180	170	185	mm/s
Tekanan Injection Molding	15	5	10	Mpa

a)Penetapan *Orthogonal Array*

Berikut merupakan tabel 8 *Orthogonal Array* yang digunakan dalam penelitian ini

Tabel 8 orhoginal array

Matriks Ortogonal			
Eksperimen	**1**	**2**	**3**
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	3
4	2	1	2
5	2	2	3
6	2	3	1
7	3	1	3
8	3	2	1
9	3	3	2

Jumlah eksperimen percobaan yang di jalankan sesuai orthogonal adalah 9 kali eksperimen. Percobaan ini menggunakan satu kali replikasi atau terdapat seratus produk yang diamati sehingga, data yang dimasukan kedalam hasil eksperimen dalam satuan persentase cacat.

b)Tahap pelaksanaan eksperimen tools taguchi

Pada tahap pelaksanaan eksperimen tools taguchi ini untuk menurunkan defect burry, prosedur percobaan adalah sebagai berikut:

1) Mengecek ketersediaan bahan baku
2) Mengatur temperatur suhu sesuai dengan kombinasi level perlakuan
3) Menunggu temperatur mencapai temperatur yang ditentukan atau menunggu proses soaking
4) Mengatur kecepatan injeksi sesuai dengan kombinasi level perlakuan
5) Mengatur tekanan injeksi sesuai dengan kombinasi level perlakuan
6) Mencatat hasil eksperimen berupa jumlah produk cacat tiap 100 unit produk.

Berikut ini table 9 Merupakan hasil eksperimen menggunakan six sigma tools taguchi sebagai berikut:

Tabel 9.Hasil eksperimen menggunakan six sigma tools Taguchi

Eksperimen	Faktor			Jumlah Cacat Trial 1 (%)	Jumlah Cacat Trial 2 (%)
	A	B	C		
1	1	1	1	11	15
2	1	2	2	6	7
3	1	3	3	3	1
4	2	1	2	4	3
5	2	2	3	11	14
6	2	3	1	0	2
7	3	1	3	43	36
8	3	2	1	19	22
9	3	3	2	10	7

Setelah eksperimen dilakukan, tahapselanjutnya adalah pengolahan data

Nilai rata-rata ekperimen taguchi digunakan untuk mencari *setting level* optimal yang dapat meminimalkan penyimpangan rata-rata sedangkan SNR untuk mencari faktor yang memiliki kontribusi pada pengurangan variansi suatu karakteristik kualitas. Berikut ini adalah contoh perhitungan rata-rata hasil eksperimen taguchi.

$\eta = \frac{1}{2}\sum + y$

Keterangan:

η = Nilai rata-rata SN/R

$\sum$ = Jumlah sampel 1

y= Jumlah sampel 2

$\eta = \frac{1}{2}\sum + y = \frac{1}{2}(0{,}11 + 0{,}15) = 0{,}13$

Untik eksperimen kedua dan kesembilan langkah perhitungannya sama dengan cara perhitungan eksperimen pertama. Hasil perhitungan nilai rata-rata eksperimen keseluruhan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 10. Hasil perhitungan rata-rata produk defect setelah eksperimen

Eksperimen	Faktor			Jumlah Cacat Trial 1 (%)	Jumlah Cacat Trial 2 (%)	Rata-Rata SNR
	1	2	3			
1	1	1	1	11	15	0,13
2	1	2	2	6	7	0,065
3	1	3	3	3	1	0,2
4	2	1	2	4	3	0,035
5	2	2	3	11	14	0,125
6	2	3	1	0	2	0,01
7	3	1	3	43	36	0,395
8	3	2	1	19	22	0,205
9	3	3	2	10	7	0,85

Setelah eksperimen taguchi ini dilaksanakan tahap selanjutnya adalah analisis hasil eksperimen yaitu mengolah data dengan mengacu pada cara perhitungan yang telah ditentukan oleh Taguchi. Data atribut yang bertujuan untuk mencari mencari seting parameter.

- Menghitung nilai rata-rata tiap level faktor dan pembuatan tabel

$Y_{ijk} = \frac{\sum Yijk}{nijk}$

Keterangan:

Y_{ijk} = Nilai rata-rata tiap level faktor

$\sum Yijk$ = Rata-rata nlai SN/R

$nijk$ = Jumlah level faktor yang dipakai

$y_{A1} = \frac{(0{,}13+0{,}065+0{,}2)}{3} = 0{,}0717$

$y_{A2} = \frac{(0{,}035+0{,}125+0{,}01)}{3} = 0{,}056$

$y_{A3} = \frac{(0{,}395+0{,}205+0{,}085)}{3} = 0{,}2283$

$y_{B1} = \frac{(0{,}13+0{,}035+0{,}395)}{3} = 0{,}186$

$y_{B2} = \frac{(0{,}065+0{,}125+0{,}205)}{3} = 0{,}1316$

$y_{B3} = \frac{(0{,}025+0{,}01+0{,}085)}{3} = 0{,}0383$

$y_{C1} = \frac{(0{,}13+0{,}01+0{,}205)}{3} = 0{,}115$

$y_{C2} = \frac{(0{,}065+0{,}035+0{,}085)}{3} = 0{,}0616$

$y_{C3} = = \frac{(0{,}02+0{,}125+0{,}395)}{3} = 0{,}18$

- Membuat tabel respon dan grafik untuk mencari seting parameter

Tabel respon dibuat dengan menghitung perbedaan nilai rata-rata respon antar level suatu faktor kemudian mengurutkan perbedaan level faktor dari yang terbesar sampai terkecil. Pemilihan nilai yang terbaik berdasarkan dari kriteria karakteristik kualitas yaitu *smaller better* yang artinya nilai terkecil dan mendekati nol adalah nilai yang terbaik.

Tabel 11.Hasil nilai untuk mencari setting parameter

Faktor	A	B	C
1	0,0717	0,1867	0,1
2	**0,0567**	0,1317	**0,0617**
3	0,2283	**0,0383**	0,18
Rata-Rata	0,2045	0,3311	0,2217
Nilai rata-rata terkecil-terbesar	1	3	2

Berdasarkan tabel diatas sesuai dengan kategori yang di pilih yaitu smaller the better yang merupakan kondisi karakteristik kualitas dimana apabila semakin kecil mendekati nol (nol adalah nilai ideal dalam hal ini) semakin baik. Dan dapat dijelaskan bahwa untuk faktor A level 2 memiliki nilai rata-rata fraksi cacat paling kecil daripada level 1 dan 3. Faktor B level 3 memiliki nilai rata-rata cacat paling kecil dari pada level 1 dan 2. Faktor C level 2 memiliki nilai rata-rata fraksi cacat paling kecil daripada level 1 dan 3.

Sehingga Setting optimal untuk menurunkan jumlah defect pada produk cyilinder head cover adalah $A_2B_3C_2$ yaitu suhu temperatur 280°C, kecepatan injection 185 mm/s, dan tekanan injection 5 Mpa. Berikut dibawah ini merupakan tabel 4.12 hasil setting parameter setelah dilakukan perhitungan sebagai berikut:

Tabel 12 Hasil setting parameter setelah dilakukan perhitungan

Faktor Terkendali	Level Faktor			Satuan
	1	2	3	
Suhu Temperatur	300	280	260	°C
Kecepatan Injectiom Molding	180	170	185	mm/s
Tekanan Injection Molding	15	5	10	Mpa

Selamjutnya dibawah ini adalah penyetingan parameter setelah perbaikan



Gambar 6 Setting parameter

2. Hasil trial setelah dilakukannya perbaikan

Pada pengerjaan trial sebelumnya telah dilakukannya 10 kali percobaan. Berikut:

Tabel 13 Trial setelah perbaikan

Trial	Jumlah produk	Defect
1	100	0
2	100	1
3	100	2
4	100	2
5	100	0
6	100	2
7	100	0
8	100	0
9	100	0
10	100	0
Jumlah	1000	7

a. P-C*hart*

Peta control di buat untuk setiap jenis defect pada produk. Berikut merupakan p chart hasil perhitungan yang di gunakan dalam penelitian ini.

1) Menghitung rata – rata tidak kesesuaian (P) yaitu jumlah cacat produk (np), dibagi jumlah produksi (n) adalah:

$CL = p = \frac{\text{jumlah defect}}{\text{jumlah produksi}}$

$CL = p = \frac{7}{1000} = 0{,}007$

2) Menghitung kerusakan jumlah produk cacat

$p = \frac{np}{n}$

Keterangan :
P : Rata-rata ketidaksesuaian
np : Jumlah produk cacat
n : Jumlah produk

1 Trial Hari pertama : $p = \frac{0}{100} = 0$
2 Trial Hari kedua : $p = \frac{1}{100}$ = 0,01
3 Trial Hari ketiga : $p = \frac{2}{100}$ = 0,02
4 Trial Hari keempat : $p = \frac{2}{100}$ = 0,02
5 Trial Hari kelima : $p = \frac{0}{100}$ = 0
6 Trial Hari keenam : $p = \frac{2}{100}$ = 0,02
7 Trial Hari ketujuh : $p = \frac{0}{100}$ = 0
8 Trial Hari kedelapan : $p = \frac{0}{100} = 0$
9 Trial Hari kesembilan : $p = \frac{0}{100}$ = 0
10 Trial Hari kesepuluh : $p = \frac{0}{100}$ = 0

3) Menghitung batas kendali atas atau Upper Control Limit (UCL) dan batas kendali bawah Lower Control Limit (LCL)

$UCL = p + 3\sqrt{np1(-np)}$

$LCL = p - 3\sqrt{np1(-np)}$

Keterangan:
CL = p = garis tengah (Central Limit)
UCL = (batasan kendali atas) Upper Control
Limit LCL = (batasan kendali dasar) Lower Control Limit

1. Trial Pertama

UCL: 0,007 +3 $\frac{\sqrt{0,007(1-0,007)}}{100}$ = 0,03201

LCL : 0,007 -3 $\frac{\sqrt{0,007(1-0,007)}}{100}$ = 0

2. Trial Kedua

UCL: 0,007 +3 $\frac{\sqrt{0,007(1-0,007)}}{100}$ = 0,03201

LCL : 0,007 -3 $\frac{\sqrt{0,007(1-0,007)}}{100}$ = 0

3. Trial Ketiga

UCL: 0,007 +3 $\frac{\sqrt{0,007(1-0,007)}}{100}$ = 0,03201

LCL : 0,007 -3 $\frac{\sqrt{0,007(1-0,007)}}{100}$ = 0

4. Trial Keempat

UCL: 0,007 +3 $\frac{\sqrt{0,007(1-0,007)}}{100}$ = 0,03201

LCL : 0,007 -3 $\frac{\sqrt{0,007(1-0,007)}}{100}$ = 0

5. Trial Kelima

UCL: 0,007 +3 $\frac{\sqrt{0,007(1-0,007)}}{100}$ = 0,03201

LCL : 0,007 -3 $\frac{\sqrt{0,007(1-0,007)}}{100}$ = 0

6. Trial Keenam

UCL: 0,007 +3 $\frac{\sqrt{0,007(1-0,007)}}{100}$ = 0,03201

LCL : 0,007 -3 $\frac{\sqrt{0,007(1-0,007)}}{100}$ = 0

7. Trial Ketujuh

UCL: 0,007 +3 $\frac{\sqrt{0,007(1-0,007)}}{100}$ = 0,03201

LCL : 0,007 -3 $\frac{\sqrt{0,007(1-0,007)}}{100}$ = 0

8. Trial Kedelapan

UCL: 0,007 +3 $\frac{\sqrt{0,007(1-0,007)}}{100}$ = 0,03201

LCL : 0,007 -3 $\frac{\sqrt{0,007(1-0,007)}}{100}$ = 0

9. Trial Kesembilan

UCL:0,007 +3 $\frac{\sqrt{0,007(1-0,007)}}{100}$ = 0,03201

LCL : 0,007 -3 $\frac{\sqrt{0,007(1-0,007)}}{100}$ = 0

10. Trial Kesepuluh

UCL:0,007 +3 $\frac{\sqrt{0,007(1-0,007)}}{100}$ = 0,03201

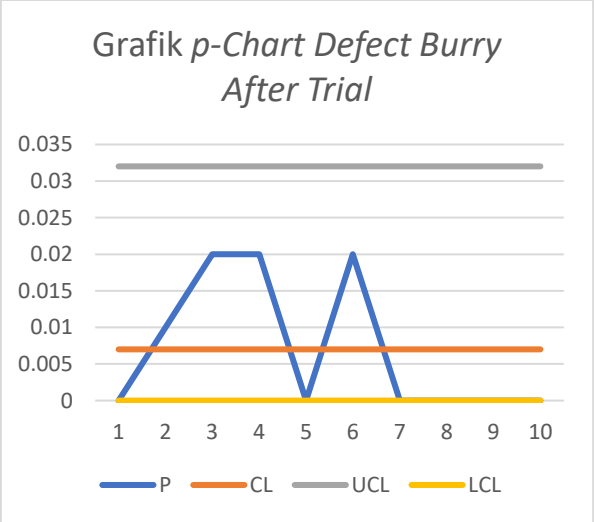
LCL : 0,007 -3 $\frac{\sqrt{0,007(1-0,007)}}{100}$ = 0

Dari perhitungan yang telah dilakukan diatas dapat di sajikan dalam tabel perhitungan batas kemdali serta grafik batas kendali sebagai berikut:

Tabel 14. Perhitungan p-Chart setelah perbaikan

Trial	Jumlah produk	Defect	P	CL	UCL
1	100	0	0	0,007	0,03201
2	100	1	0,01	0,007	0,03201
3	100	2	0,02	0,007	0,03201
4	100	2	0,02	0,007	0,03201
5	100	0	0	0,007	0,03201
6	100	2	0,02	0,007	0,03201
7	100	0	0	0,007	0,03201
8	100	0	0	0,007	0,03201
9	100	0	0	0,007	0,03201
10	100	0	0	0,007	0,03201

Grafik 3 *p-Chart defect burry after trial*



tampak grafik sedang berada dalam batas kendali atau dibawah UCL, hal ini berarti proses produksi cyilinder head cover berada dalam kondisi stabil.

b. Perhitungan *DPMO dan nilai sigma*

1) Perhitungan *DPMO*

DPO = $\frac{banyak\ produk\ gagal/defect}{jumlah\ produksi} = \frac{7}{1000}$

= 0,007

DPMO = DPO × 1.000.000= 0,007 × 1.000.000 = 7000

2) Penentuan level sigma

Penentuan level sigma dihitung menggunakan program microsoft excel

Nilai sigma = Normsinv($\frac{1.000.000-DPMO}{1.000.000}$) + 1,5

Nilai sigma = Normsinv($\frac{1.000.000-7000}{1.000.000}$) + 1,5 = 3,96

E.* Tahap *Control

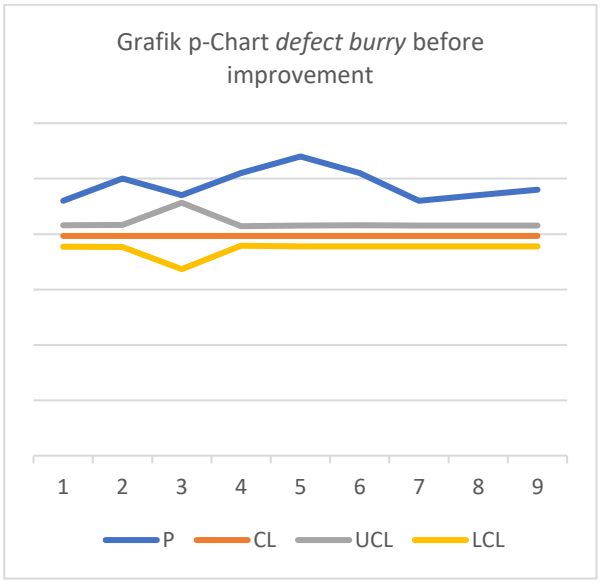
Pada tahap terakhir ini dilakukan menggunakan poka-yoke untuk mencegah terjadinya defect kembali dan mencegah error dengan mensetting dan mengunci settingan suhu temperatur, tekanan dan kecepatan injection moulding. Gambar berikut ini merupakan poka yoke :

F.* *Before After

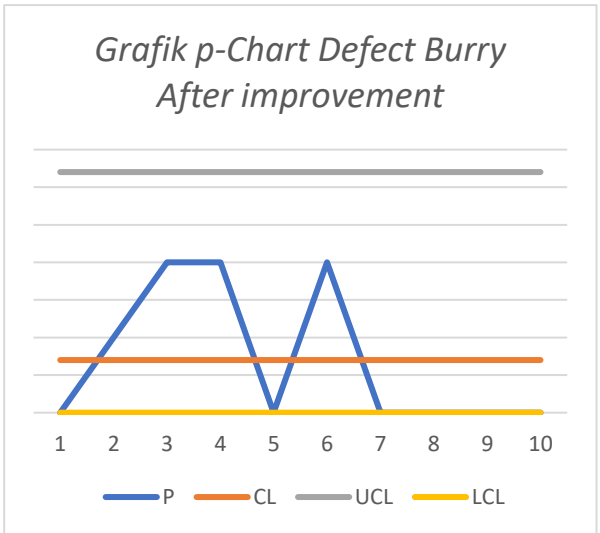
Berikut ini merupakan hasil sebelum dan sesudah dilakukannyaperbaikan/*improvement* menggunakan metode *six sigma* antara lain sebagai berikut:

1. Grafik p-Chart / peta kendali

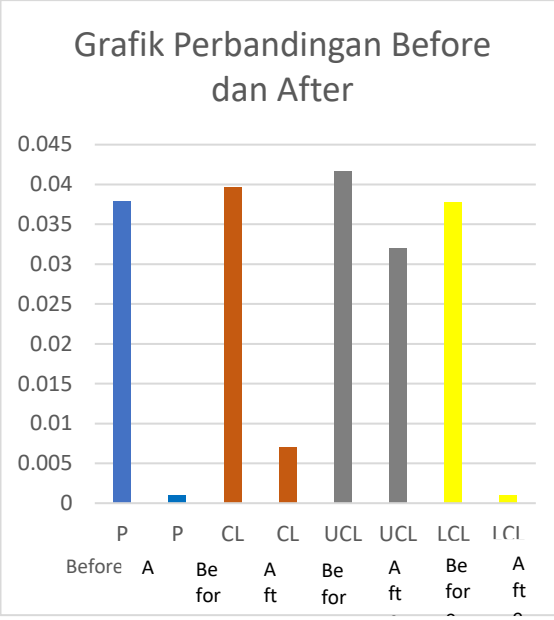
Grafik 4. P-Chart sebelum perebaikan



Grafik 5. P-Chart setelah perbaikan



Grafik 6. Perbandingan



Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa p (jumlah produk cacat), CL /*Central Limit* (Garis tengah), UCL/*Upper Control Limit* (Batas kendali atas), dan LCL/*Lower Control Limit* (batas kendali bawah) mengalami penurunan setelah *imrprovement* artinya proses produksi sudah dalam batas kendali.

2. Hasil *DPMO*

a. Berikut tabel Hasil nilai *DPMO* sebelum perbaikan

Tabel 15.Hasil *DPMO* sebelum perbaikan

No	Bulan	Jumlah Produksi (pcs)	JumlahCacat (pcs)	*DPMO*
1	November	10200	386	37843
2	Desember	9460	220	23255
3	Januari	10060	370	36779
4	Februari	12160	373	30674
5	Maret	10800	375	34722
6	April	10500	404	38476
7	Mei	10645	380	35697
8	Juni	10875	401	36873
9	Juli	10990	411	37397
Total		83702	3320	Nilai DPMO =39660

Nilai DPMO = 39660

a. Berikut tabel hasil nilai *DPMO* setelah dilakukannya perbaikan

Tabel 16 Tabel trial setelah perbaikan

Trial	Jumlah produk	Defect
1	100	0
2	100	1
3	100	2
4	100	2
5	100	0
6	100	2
7	100	0
8	100	0
9	100	0
10	100	0
Jumlah	1000	7

Perhitungan *DPMO*

DPO = $\frac{banyak\ produk\ gagal/defect}{jumlah\ produksi} = \frac{7}{1000}$ = 0,007

DPMO = DPO × 1.000.000= 0,007 × 1.000.000 = 7000

Nilai DPMO = 7000

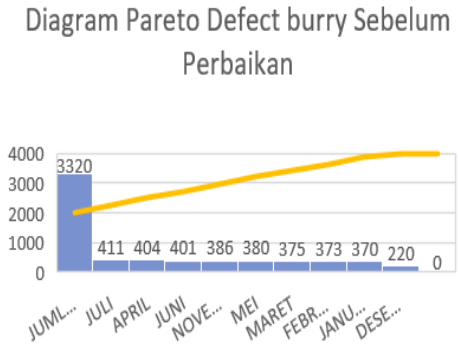
Dari tabel perhitungan DPMO diatas, nilai DPMO mengalami penurunan dari 39660 menjadi 7000 artinya probabilitas persentase tanpa cacat mengalami peningkatan sebesar 99,94% ini artinya angka persentase tersebut sudah mendekati zero defect. Berikut ini merupakan tabel hubungan antara persentase probabilitas tanpa cacat, nilai DPMO dan nilai sigma sebagai berikut:

Tabel 17.Hubungan antara persentase probabilitas tanpa cacat, nilai *DPMO* Dan *sigma*

Probabilitas Tanpa Cacat	DPMO (Defect *Permilion Opportunity)*	Sigma	Keterangan
30.90%	690	1	Sangat tidak kompetitif
69.20%	308	2	
73,30%	66,8	3	Rata-rata industri indonesia
99,94%	6,21	4	Rata-Rata industri USA dan Jepang
99,98%	320	5	Industri kelas dunia
100,00%	3,4	6	

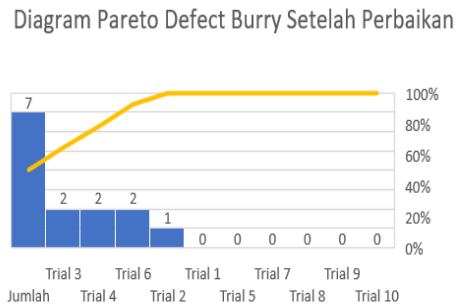
Tabel diatas merupakan Hubungan antara persentase probabilitas tanpa cacat, nilai DPMO Dan sigma, berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan setelah perbaikan maka didapat angka DPMO 7000 sehingga hasil DPMO tersebut menunjukkan bahwa ada peningkatan probabilitas tanpa cacat diangka 99% atau sudah mendekati zero defect.

3. Diagram Pareto
   a. Diagram Pareto sebelum perbaikan sebagai berikut:



Gambar 7.Diagram Pareto sebelum perbaikan

   b. Diagram Pareto setelah perbaikan



Gambar 8.Diagram Pareto setelah perbaikan

Dari Diagram pareto diatas dapat dilihat bahwa *defect*/cacat pada produk cyilinder head cover mengalami penurunan setelah dilakukannya perbaikan dan trial, itu artinya ada peningkatan kualitas pada proses produksi.

4. Nilai Sigma
   a. Hasil nilai sigma sebelum perbaikan sebagai berikut :

Nilai sigma = Normsinv($\frac{1.000.000-DPMO}{1.000.000}$) + 1,5

Nilai sigma = Normsinv($\frac{1.000.000-39660}{1.000.000}$) + 1,5 = 3,25

Nilai Sigma = 3,25

   b. Hasil nilai sigma setelah perbaikan sebagai berikut :

Nilai sigma = Normsinv($\frac{1.000.000-DPMO}{1.000.000}$) + 1,5

Nilai sigma = Normsinv($\frac{1.000.000-7000}{1.000.000}$) + 1,5 = 3,96

Nilai Sigma = 3,96

Dari perhitungan nilai sigma diatas, nilai sigma mengalami peningkatan setelah perbaikan, dari 3,25 menjadi 3,96. Dengan meningkatnya nilai sigma dapat dikatakan bahwa terjadi peningkatan kualitas dan performa pada produk cyilinder head cover dan proses produksi menjadi stabil, begitu pula dengan persentase probabilitas tanpa cacat naik menjadi 89,94%% artinya persentase tersebut meningkat dan mendekati zero defect. Berikut merupakan grafik perbandingan nilai sigma :

Grafik 4.7 Perbandingan Grafik nilai sigma



IV. KESIMPULAN

1. Faktor-faktor terjadinya *defect burry* pada produk cyilinder head cover dianalisis menggunakan diagram sebab-akibat. Terdapat empat faktor penyebab utama terjadinya *defect burry* yaitu *machine, methode, man* dan material. Dari keempat faktor penyebab tersebut, faktor mesin yang menjadi sumber dari penyebab defect tersebut.

2. Perbaikan yang dilakukan pada tahap improve yaitu berdasarkan hasil eksperimen tools taguchi dengan *orthogonnal array*, terdapat tiga parameter faktor yang digunakan yaitu setting mesin, dengan suhu temperatur, kecepatan injection, dan tekanan injection. Di dapatkan hasil bahwa faktor suhu temperatur merupakan faktor yang memiliki pengaruh besar. Hasilnya menghasilkan parameter setting mesin optimal dengan suhu temperatur 280°C, kecepatan injection 185 mm/s, dan tekanan injection 5 Mpa.
3. Hasil *DPMO* Dari hasil perhitungan dapat di ketahui bahwa proses produksi mengalami peningkatan kapabilitas proses di bandingkan dengan keadan aktual sebelumnya. Kemudian,hasil dari nilai *DPMO* mengalami penurunan dari 37843 menjadi 7000. Persentase defect produk berkurang menjadi 0,7% dan dapat memenuhi standar perusahaan yang memiliki toleransi jumlah maksimum produk yang cacat tidak melebihi 2% dari keseluruhan produk. Pada nilai sigma meningkat dari 3,28 menjadi 3,95 yang artinya kapabilitas produksi juga meningkat.

REFERENSI

1. Ghifari, Harsono dan bakar 2013 Analisis six sigma studi kasus (CV.Miracle). *Jurnal online institut teknologi nasonal* I(1) 156-165
2. fifi kusumaningrum, mustafa 2015 "Quality Control of Frame Production Using DMAIC Method in Plastic PP Corrugated Box Manufacturer Quality Control of Frame Production Using DMAIC Method in Plastic PP Corrugated Box Manufacturer". *Journal of Physics : Conference Series* 5.
3. Marlyana 2015 "Upaya Peningkatan Kinerja Melalui Penerapan Metode Lean Six Sigma Guna Mengurangi Non Value Added Activities." *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Ke-2*: 36–41.
4. Ekoanindyo 2014 "Quality Control Analysis WithSIix Sigma-DMAIC Method in Effort Reduce Number of Sugar Products at PT . PG . GORONTALO." *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional* 8(2): 1–6.
5. Sirine, elizabeth 2017 "Pengendalian Kualitas Menggunakan Metode Six Sigma (Studi Kasus Pada PT Diras Concept Sukoharjo)." *AJIE-Asian Journal of Innovation and Entrepreneurship* 2(3): 2477–3824.
6. Motorola Studi Kasus (http:/www.Six Sigma: Motorola Pioneers - 6sigma.com, diakses tanggal 1 september 2023, pukul 21:06)
7. (http:/www.Kualitas - Wikipedia bahasa Indonesia, ensiklopedia bebas.com, diakses tanggal 2 September 2023 20:30)
8. (http:/www Free Six Sigma Training Materials for Self-Study Certification (sixsigmacouncil.org),diakses tanggal 2 september 20:42)
9. Dr.Ir.Saludin,M.Kom Pengerjaan Proyek six sigma Penerbit Mitra wacana media Hal 8-10
10. Dr.Ir.Saludin,M.Kom Pengerjaan Proyek six sigma Penerbit Mitra wacana media Hal 12-13
11. 10 UNIKOM_Handi Hargono *Journal engineering* 2(5): 23–38