

Penerapan Metode Six Sigma Dalam Pengendalian Kualitas Produk *E-Clip Railway* Di Perusahaan Foundry

Iis Nafisa ^{1*}, Bayu Wiro Karuniawan ², Farizi Rachman ³

Program studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1*23}

Email: iisnafisa01@gmail.com¹

Abstract – A metal foundry company is producing e-clip. Based on 2021 data, e-clip products have 13 types of defects. Miss run being one of these defects which are included in the category that cannot be repaired with a percentage of 15.16%. This study aims to determine the factors that cause defects in e-clip products. The method used is Six sigma DMAIC. The measuring stage obtained 4.1 sigmas from the DPMO calculation. In the analysis stage using FTA obtained 7 factors, namely the operator is inconsistent during the pouring process, the inoculation process is less precise, the tapping temperature check is not carried out regularly, transfer speed from tapping to moulding is too long, the content water in the molding is too much, the ladle rinsing temperature is not high, the molding line does not stop when the operator is doing the pouring process.

Keyword: Quality Control, Six Sigma, Control Chart, Fault Tree Analysis (FTA), Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Nomenclature

p	=	Proporsi dari ketidak sesuaian
D	=	Ketidaksesuaian atau cacat yang terambil
N	=	Jumlah sampel yang terambil
\bar{p}	=	Rata-rata proposi cacat
$\sum_{i=1}^m Di$	=	Total dari cacat yang terambil
$\sum_{i=1}^m ni$	=	Total sampel yang terambil
UCL	=	Batas kontrol atas
LCL	=	Batas kontrol bawah
$CL = \bar{p}$	=	Garis tengah / rata-rata dari proporsi
D	=	Jumlah defect
U	=	Jumlah unit
O	=	Jumlah kesempatan yang akan mengakibatkan cacat
DPO	=	Jumlah defect per kesempatan
DPU	=	Jumlah defect per unit

1. PENDAHULUAN

Pada salah satu industri manufaktur terdapat perusahaan yang menjalankan produksi dalam bidang pengecoran logam (perusahaan foundry). Dalam proses produksinya perusahaan ini menerapkan sistem *make to order*, dimana salah satu produk yang dihasilkan adalah produk *e-clip*.

Pada proses pengecoran logam tidak semua produk yang dihasilkan dalam pengecoran dapat digunakan. Apabila terdapat suatu cacat yang ditemukan dalam suatu produk maka produk tersebut tidak memenuhi standar spesifikasi yang telah ditentukan. Dari data persentase *reject* produk *e-clip* yang diakibatkan karena faktor cacat, salah satunya adalah cacat *miss run* dengan persentase 15,16%, cacat ini disebabkan oleh pengisian cairan logam pada cetakan tidak terisi penuh sehingga produk yang dihasilkan tidak terbentuk sempurna. Perbaikan dapat dilakukan dengan cara produk *e-clip* yang dihasilkan

dileburkan kembali. Hal ini mengakibatkan kerugian bagi perusahaan baik segi waktu, tenaga, dan biaya, sehingga cacat *miss run* menjadi fokus dalam penelitian ini.

Berdasarkan permasalahan diatas, maka perusahaan membutuhkan suatu perbaikan agar kualitas produk dapat terkendali, sehingga dalam penelitian ini akan dilakukan analisis penyebab terjadinya cacat *miss run* pada produk *e-clip* melalui pendekatan *six sigma* serta mampu memberikan usulan perbaikan (*improve*) kepada perusahaan untuk menekan tingkat kecacatan pada produk.

2. METODOLOGI .

2.1 Six Sigma

Menurut Miranda dalam [1] metode *six sigma* merupakan sistem yang komprehensif dan fleksibel untuk memberikan dukungan dan memaksimalkan proses usaha atau bisnis yang fokusnya lebih kepada memperhatikan kebutuhan pelanggan, pengaturan, perbaikan dan mengkaji ulang proses usaha atau bisnis tersebut. Dalam metode *six sigma* terdapat 5 tahapan yakni DMAIC (*define, measure, analysis, improve, control*)

Define dalam tahap ini dilakukan pengidentifikasian masalah. Langkah selanjutnya *measure* Menurut Harahap dalam [2] terdapat 3 hal pokok yang harus dilakukan : menentukan karakteristik kualitas (CTQ), mengembangkan rencana pengumpulan data pengukuran karakteristik kualitas, pengukuran *baseline* kinerja pada tingkat *output*. Langkah selanjutnya *analyze* menurut Harahap dalam [2] yang harus dilakukan dalam tahap ini yaitu : menentukan stabilitas dan kemampuan (kapabilitas) dari proses, menetapkan CTQ yang akan ditingkatkan dalam proyek *six sigma*, mengidentifikasi sumber akan penyebab masalah kualitas atau penyebab kecacatan. Tahap *improve* menurut [3] dalam tahap ini diterapkan

suatu rencana tindakan untuk melaksanakan peningkatan kualitas *six sigma*. tahapan akhir adalah *control* menurut [3] hasil peningkatan kualitas didokumentasikan dan disebarluaskan, praktik terbaik yang sukses dalam peningkatan proses distandarisasikan dan disajikan sebagai pedoman standar.

2.2 Peta Kendali P

Diagram kontrol p adalah diagram kontrol yang menggunakan proporsi dari ketidaksesuaian produk dalam suatu sampel yang sedang di inspeksi. Dengan diagram kontrol ini, jumlah sampel tiap inspeksi diambil secara periodik dan jumlah sampelnya berbeda-beda tiap inspeksi atau pengamatan dalam [4].

$$p = \frac{D}{n} \quad (1)$$

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^m D_i}{\sum_{i=1}^m n_i} \quad (2)$$

$$UCL = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (3)$$

$$CL = \bar{p} \quad (4)$$

$$LCL = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (5)$$

2.3 Defect Per Million Opportunities (DPMO)

DPMO merupakan ukuran kegagalan dalam program peningkatan kualitas *six sigma* yang menunjukkan kegagalan per sejuta kesempatan. Menurut [5], penghitungan cacat per unit dapat memberikan wawasan tambahan tentang suatu proses dengan memasukkan jumlah peluang kegagalan. Metrik cacat per unit mempertimbangkan jumlah peluang kegagalan dalam perhitungan.

$$DPU = \frac{D}{U} \quad (6)$$

$$DPO = \frac{DPU}{O} = \frac{D}{U \times O} \quad (7)$$

$$DPMO = DPO \times 10^6 \quad (8)$$

2.4 Fault Tree Analysis (FTA)

Fault Tree Analysis adalah suatu analisis pohon kesalahan secara sederhana dapat diuraikan sebagai teknik analitis. Menurut [6] Pohon kesalahan adalah suatu model grafis yang menyangkut berbagai paralel dan kombinasi percontohan kesalahan-kesalahan yang akan mengakibatkan kejadian dari peristiwa tidak diinginkan yang sudah didefinisikan sebelumnya atau juga dapat diartikan merupakan gambaran hubungan timbal balik yang logis dari peristiwa-peristiwa dasar yang mendorong ke arah peristiwa yang tidak diinginkan menjadi peristiwa puncak dari pohon kesalahan tersebut.

2.5 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Analisis mode kegagalan dan pengaruh *failure mode and effect analysis* atau (FMEA) adalah untuk menggambarkan suatu kegagalan yang mungkin dan berpengaruh terjadi pada suatu sistem produksi yang

bertujuan untuk mengklasifikasikan kegagalan sesuai dengan pengaruhnya. Terdapat tiga hal yang dapat membantu dalam menentukan FMEA yaitu: *Severity* seberapa serius kerusakan yang dihasilkan dengan terjadinya kegagalan. *Occurrence* yaitu seberapa banyak gangguan yang dapat menyebabkan sebuah kegagalan. *Detection* yaitu menentukan tingkat deteksi ini dapat ditentukan bagaimana kegagalan tersebut dapat diketahui sebelum terjadi.

Risk Priority Number (RPN) adalah sebuah teknik yang digunakan untuk menganalisis risiko dengan menghubungkan potensial masalah yang diidentifikasi dalam FMEA. Menurut kang, sun, sun, & Wu dalam [7] setelah mengetahui nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* pada setiap moda kegagalan, maka dilakukan perhitungan skor *Risk Priority Number* (RPN) untuk mengukur resiko dari moda kegagalan dan menentukan tingkat skala prioritas perbaikan yang harus dilakukan terlebih dahulu.

$$RPN = S \times D \times O \quad (9)$$

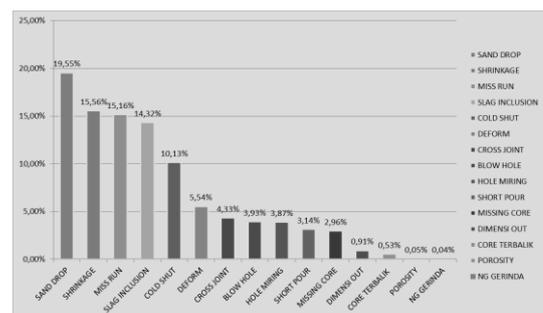
Setelah nilai RPN keseluruhan komponen didapatkan, selanjutnya dilakukan penentuan komponen kritis, suatu komponen dikategorikan sebagai komponen kritis jika memiliki nilai RPN diatas nilai kritis [8].

$$\text{Nilai kritis RPN} = \frac{\text{Total nilai RPN}}{\text{Jumlah RPN}} \quad (10)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Define

Mengidentifikasi permasalahan menggunakan diagram batang. Diagram batang dibuat untuk mengetahui jenis cacat pada produk *e-clip*. Dengan adanya diagram batang, maka dapat diketahui jenis cacat yang menyebabkan tingginya barang *reject* pada produk *e-clip*.

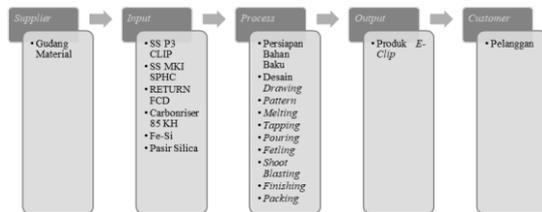


Gambar 1. Diagram Batang Produk E-clip

Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa terdapat 13 jenis cacat pada produk *e-clip*. Pada 13 jenis cacat tersebut terdapat 3 jenis cacat terbanyak yakni cacat *sand drop* sebanyak 19,55% , cacat *shrinkage* sebanyak 15,56%, dan cacat *miss run* sebanyak 15,16%. Dari 3 jenis cacat tersebut terdapat cacat yang tergolong dalam kategori tidak dapat diperbaiki secara langsung yakni cacat *miss run*, sehingga produk yang dihasilkan termasuk produk gagal. Pada tahap *define* ini memilih cacat *miss run* yang diprioritaskan untuk dilakukan analisis perbaikan.

Tahap selanjutnya adalah pembuatan diagram SIPOC (*Supplier, Input, Process, Output, Customer*),

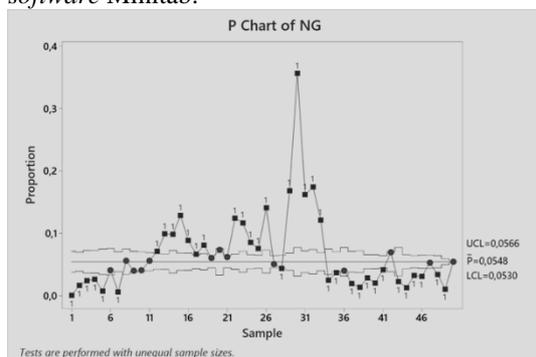
diagram SIPOC digunakan untuk menggambarkan aliran proses produksi pada pembuatan produk *e-clip*. Diagram ini berfungsi untuk mengetahui proses yang terjadi, mulai dari pihak pengadaan material sampai pada *customer*, sehingga dapat lebih mudah untuk menganalisis faktor-faktor penyebab kegagalan karena aliran produksi sudah tergambar.



Gambar 2. Diagram SIPOC

3.2 Measure

Pada tahap ini dilakukan pembuatan peta kendali menggunakan peta kendali *p chart*. Analisis ini dilakukan berdasarkan data dari perusahaan yang memproduksi produk *e-clip*, khususnya data selama proses produksi yakni pada bulan Oktober 2021 sampai Desember 2021. Pengukuran ini dilakukan dengan 51 pengamatan (selama proses produksi). Pembuatan peta kendali (*p-chart*) dilakukan menggunakan bantuan *software* Minitab.



Gambar 3. Grafik Peta Kendali P

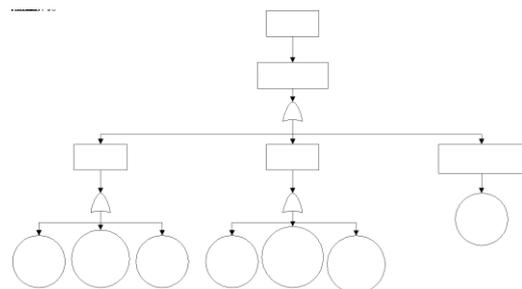
Gambar 3 menunjukkan bahwa rata-rata jumlah cacat pada produk *e-clip*, dengan 51 pengamatan sebesar 0,0548 dengan batas kendali atas dan bawah yang berbeda-beda. Hal ini dikarenakan jumlah populasi yang diambil dalam pengecekan dengan jumlah yang berbeda. Dapat dilihat dari Gambar 3 bahwa terdapat banyak plot yang keluar dari batas kendali, hal tersebut menunjukkan bahwa nilai P mengalami *out control* yakni keluar dari batas kendali sebanyak 37 pengamatan. Sehingga dapat dikatakan bahwa produksi produk *e-clip* masih belum terkendali secara statistik.

Kemudian menghitung pengukuran kinerja produksi dengan menghitung nilai DPMO dan melakukan analisis nilai level *sigma* pada proses produksi *e-clip*. Perhitungan nilai DPMO diperoleh 4214, kemudian dikonversikan ke tabel *sigma* pada lampiran 2 diperoleh nilai 4,1 *sigma*, yang artinya bahwa kemampuan produksi produk *e-clip* memiliki kemampuan sekitar 4,1 *sigma* dari 6 *sigma*. Menurut

[9] “semakin tinggi target *sigma* yang dicapai maka kinerja sistem industri semakin membaik”.

3.3 Analysis

pada tahap ini berfokus pada mengidentifikasi kemungkinan yang menjadi akar permasalahan, menentukan prioritas akar masalah, serta penyusunan rencana tindakan perbaikan. Penelitian ini menggunakan metode *fault tree analysis* (FTA) untuk mengidentifikasi akar permasalahan dari cacat *miss run* pada produk *e-clip*. Dalam pembuatan FTA dilakukan *brainstorming* dengan pihak *Expert Judgment* yang telah memenuhi persyaratan.



Gambar 4 Diagram FTA

Gambar 4 menunjukkan hasil dari FTA ditemukan 7 penyebab *defect miss run* pada produk *e-clip* diantaranya, temperatur pembilasan *ladle* kurang tinggi, pengecekan temperatur *tapping* tidak dilakukan secara berkala, kecepatan transfer dari *tapping* ke *moulding* terlalu lama, operator tidak konsisten saat proses *pouring*, *line moulding* tidak berhenti saat operator melakukan proses *pouring*, kandungan air dalam *moulding* berlebihan, proses inokulasi kurang tepat.

Hasil FTA yang telah dibuat sebelumnya, diketahui penyebab cacat *miss run* pada produk *e-clip*. Selanjutnya dibuat tabel *failure mode and effect analysis* (FMEA) untuk menentukan prioritas permasalahan yang perlu dilakukan perbaikan terlebih dahulu.

Tabel 1 Tabel FMEA

Mode Kegagalan	Akibat dari Mode Kegagalan	Penyebab Kegagalan	S	O	D	RPN
		Operator tidak konsisten saat proses <i>pouring</i>	7	6	7	294
		Proses inokulasi kurang tepat	7	5	7	245
		Pengecekan temperatur <i>tapping</i> tidak dilakukan secara berkala	6	4	5	120

Mode Kegagalan	Akibat dari Mode Kegagalan	Penyebab Kegagalan	S	O	D	RPN
Cacat Miss Run	Banyak produk yang reject	Kecepatan transfer dari tapping ke moulding terlalu lama	6	5	4	120
		Kandungan air moulding berlebihan	4	4	4	64
		Temperatur pembilasan ladle kurang tinggi	2	2	4	16
		Line moulding tidak berhenti saat operator melakukan proses pouring	3	1	2	6
TOTAL						865

Berdasarkan Tabel 1 setelah melakukan tahap analisis FMEA dan perhitungan RPN, selanjutnya adalah perhitungan nilai kritis RPN. Faktor penyebab kegagalan yang mempunyai nilai RPN lebih dari nilai kritis akan diprioritaskan untuk tindakan perbaikan lebih lanjut.

$$\begin{aligned} \text{Nilai kritis RPN} &= \frac{16+120+120+294+6+64+245}{7} \\ &= \frac{865}{7} \\ &= 123,57 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas, terdapat 2 faktor penyebab kegagalan yang mempunyai nilai RPN lebih dari nilai kritis : operator tidak konsisten saat proses pouring dan proses inokulasi kurang tepat.

3.4 Improve

Improve merupakan tahapan memberikan usulan perbaikan, hasil usulan perbaikan didapatkan dari diskusi bersama expert judgment untuk meningkatkan kualitas produk e-clip.

Tabel 2 Usulan Tindakan Perbaikan

Mode Kegagalan	RPN	Penyebab Kegagalan	Usulan Tindakan Perbaikan	Hasil yang Diharapkan
Cacat Miss Run	294	Operator tidak konsisten saat proses pouring	Diadakan training ketepatan proses pouring kepada operator	Operator lebih memahami proses pouring yang tepat, sehingga dapat

Mode Kegagalan	RPN	Penyebab Kegagalan	Usulan Tindakan Perbaikan	Hasil yang Diharapkan
			secara berkala	mengurangi cacat pada produk
	245	Proses inokulasi kurang tepat	Diadakan training tata cara proses inokulasi kepada teknisi secara berkala	Teknisi dapat memahami dan melakukan proses inokulasi dengan tepat
	120	Pengecekan temperatur tapping tidak dilakukan secara berkala	- Menyediakan stik thermocouple dengan ukuran yang lebih panjang - Memberikan pengawasan kepada operator bagian pengecekan temperatur, untuk lebih memperhatikan WI	Temperatur tapping sesuai dengan WOS yang telah dibuat
	120	Kecepatan transfer dari tapping ke moulding terlalu lama	Menambahkan temperatur akhir dalam WOS	Tim produksi mengetahui batas temperatur akhir yang boleh dituang ke dalam moulding
	64	Kandungan air moulding berlebihan	- Dilakukan pengecekan kelembaban (moisture) sebelum dan sesudah proses mixing - Teknik pencampuran dalam proses mixing dilakukan dengan benar	Kandungan air yang masuk saat proses mixing sesuai dengan standar yang ditentukan WOS untuk mendapatkan hasil moulding sesuai standar
	16	Temperatur pembilasan ladle kurang tinggi	Dilakukan pengecekan temperatur menggunakan temperature gun setiap pembilasan ladle	Temperatur ladle yang didapatkan sesuai dengan ketentuan

Mode Kegagalan	RPN	Penyebab Kegagalan	Usulan Tindakan Perbaikan	Hasil yang Diharapkan
	6	Line moulding tidak berhenti saat operator melakukan proses pouring	Line moulding harus berhenti saat proses pouring, kemudian kembali jalan saat proses pouring selesai dituang	Memudahkan operator saat proses pouring dan mengurangi resiko temperatur cairan dalam ladle turun

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada produk *e-clip* di perusahaan *foundry*, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil analisis menggunakan FTA (*Fault Tree Analysis*) faktor penyebab *defect* pada produk *e-clip* adalah :

Operator tidak konsisten saat proses *pouring*, proses inokulasi kurang tepat, pengecekan temperatur *tapping* tidak dilakukan secara berkala, waktu transfer dari *tapping* ke *moulding* terlalu lama, kandungan air dalam *moulding* berlebihan, temperatur pembilasan *ladle* kurang tinggi, *line moulding* tidak berhenti saat operator melakukan proses *pouring*.

2. Strategi mengoptimalkan proses pengecoran guna mereduksi penyebab cacat pada produk *e-clip* antara lain :

Diadakan *training* ketepatan proses *pouring* kepada operator secara berkala, diadakan *training* tata cara proses inokulasi kepada teknisi secara berkala, menyediakan stik *thermocouple* dengan ukuran yang lebih panjang untuk menjangkau cairan saat posisi telah sampai bawah pada bagian *ladle*/cairan tinggal sedikit, memberikan pengawasan kepada operator bagian pengecekan temperatur, untuk lebih memperhatikan *Work Instruction* (WI), menambahkan temperatur akhir dalam WOS, Dilakukan pengecekan kelembaban (*moisture*) sebelum dan sesudah proses *mixing*, teknik pencampuran dalam proses *mixing* dilakukan dengan benar, dilakukan pengecekan temperatur menggunakan *temperature gun* setiap pembilasan *ladle*, *line moulding* harus berhenti saat proses *pouring*, kemudian kembali jalan saat proses *pouring* selesai dituang.

5. PUSTAKA

[1] Razalie, A. A. (2019) Penerapan *Six Sigma* dalam Pengendalian Kualitas Produk Amy Bakery di Surakarta, **Jurnal Manajemen**, pp. 1-26, Yogyakarta.

[2] Masdalifah (2019) Analisa perbaikan kualitas pada proses pengolahan logam di cv. sispra jaya logam

menggunakan metode *six sigma*, **Tugas Akhir** Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim. Riau.

[3] Anjayani, I. D. (2011) Analisis Pengendalian Kualitas Produk Dengan Metode *Six Sigma* Pada CV. Duta Java Tea Industri Adiwerna - Tegal, **Skripsi** Universitas Negeri Semarang.

[4] Montgomery, D. (1985) **Introduction To Statistical Quality Control**. United States of America: John Wiley and Sons, Inc.

[5] Breyfogle, F. W. (2003) **Implementing Six Sigma**, John Wiley & Sons, Inc, New Jersey.

[6] Sulistyoko, E. (2008) Analisis Penerapan Program Keselamatan Kerja Dalam Usaha Meningkatkan Produktivitas Kerja Dengan Pendekatan Fault Tree Analysis, **Tugas Akhir** Universitas Muhammadiyah Surakarta.

[7] Puspitasari, N. B. (2017) Analisis Identifikasi Masalah Menggunakan FMEA dan RPN Pada Sub Assembly Line, **Jurnal Teknik Industri**, Vol.12(2), p. 77, Semarang.

[8] Yumaida (2011) Analisis Risiko Kegagalan Pemeliharaan pada Pabrik Pengolahan Pupuk NPK Granular, **Skripsi** Universitas Indonesia, pp. 79, Jakarta.

[9] Muhaemin, A. (2012) Analisis Pengendalian Kualitas Produk Dengan Metode *Six Sigma* Pada Harian Tribun Timur, **Skripsi** Universitas Hasanuddin. Semarang.