

ANALISIS PENINGKATAN KUALITAS PROSES METAL STAMPING DENGAN METODE SIX SIGMA

Heryanto Parlinggoman, Sabariman

Universitas Internasional Batam^{1,2}

Email korespondensi: sabariman@uib.ac.id

Abstract:

This study is aimed to analyze the performance of metal stamping process in producing frame top used for oral care product. Historical data of 2-month-production activities was analyzed in order to determine the breakdown of reject contributors with use of Pareto diagram. Going through with Six Sigma Method: Define, Measure, Analyze, Improve (DMAI) then analysis of process capability, root cause contributing to the major defects, and prioritized improvement according to Risk Priority Number (RPN) in Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) was demonstrated in a quantitative manner. This quality evaluation resulted in the Sigma level of the process was of 3.56 or process capability index (Cpk) of 1.18. The most significant factor found to produce defects in the process was manpower (operators) who were responsible either in machine operation or product measurement. Implementation of strict Standard Operating Procedure (SOP) and certified operator system will result in a clear system specifically, on who will take responsibility on any failure occurred during the operation. Furthermore, this system will effectively suppress the index of frequency and detection factor in order to reduce risk of failure modes.

Keywords: *Six Sigma, Process Capability, Process Improvement, FMEA, DPMO*

Abstrak:

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja proses pencetakan logam untuk menghasilkan *frame* atas dari produk untuk aplikasi kesehatan mulut. Data historis produksi selama dua bulan dianalisis untuk menentukan distribusi cacat produk dengan menggunakan Diagram Pareto. Dengan metode Six Sigma: *Define, Measure, Analyze, Improve* (DMAI) kemudian analisis kemampuan proses, akar permasalahan yang menyebabkan kecacatan utama, dan prioritas upaya perbaikan berdasarkan indeks prioritas resiko (RPN) dalam bentuk *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), ditunjukkan secara kuantitatif. Evaluasi kualitas ini menunjukkan hasil level Sigma dari proses adalah 3,56 atau indeks kapabilitas proses (Cpk) adalah 1,18. Faktor yang ditemukan paling signifikan menyebabkan terjadinya cacat produk adalah operator yang bertanggungjawab baik pada pengoperasian mesin maupun pengukuran produk. Implementasi SOP yang ketat dan sistem operator tersertifikasi diharapkan akan menghasilkan sistem yang jelas, secara khusus tentang siapa yang bertanggungjawab terhadap kegagalan apapun dalam proses. Selanjutnya, sistem ini akan secara efektif dapat menekan indeks tingkat keseringan dan deteksi agar dapat mengurangi resiko mode-mode kegagalan.

Kata kunci: *Six Sigma, Process Capability, Process Improvement, FMEA, DPMO*

PENDAHULUAN

Produk *metal stamping* banyak digunakan pada aplikasi seperti otomotif, elektrik, *casing* elektronika, perangkat penyimpanan maupun *oral care*. PT XYZ merupakan perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur *metal stamping, welding, tapping dan assembly*. Di antara

produk yang dihasilkan, produk untuk aplikasi *oral care* termasuk produk yang *high demand* karena mewakili sekitar 40 % dari total produksi. Khusus untuk produk aplikasi *oral care* ini, *customer* adalah sebuah brand internasional oleh sebab itu memiliki standar kualitas yang sangat tinggi. Namun dalam kegiatan

produksi yang berlangsung secara kontinyu, masih sering ditemukan produk yang cacat atau *out of specs* yang ditemukan oleh operator produksi maupun fungsi *Quality Assurance (QA)* pada proses produksi. Pengecekan yang dilakukan oleh fungsi *QA* berpedoman pada *Inspection Report QA*. Pada produk *Frame Top* masih sering ditemukan produk cacat diantaranya adalah *slugmark, scratches, chip off, missing hole* dan *dimension out* atau ukuran dimensi produk yang melampaui batas toleransi standar referensi inspeksi.

Di dalam *quality management* pada proses produksi, salah satu pendekatan yang sering digunakan dalam mengeliminasi *defect* adalah metodologi *Six Sigma*. Istilah *Six Sigma* merujuk kepada *Sigma* level yang mengindikasikan jumlah kecacatan sebagai akibat dari variasi dalam sebuah proses produksi tidak melebihi 3.4 jumlah cacat dari 1 juta kesempatan. *Six Sigma* menawarkan metodologi terstruktur untuk mengurangi variasi di dalam proses produksi sehingga proses akan lebih baik, lebih cepat dan lebih efisien secara pembiayaan [1]. Melalui tahapan *Define-Measure-Analyze-*

Improve-Control (DMAIC), menurut Pande et al. [2] *Six Sigma* telah menjadi metode untuk *problem solving* dengan tujuan untuk meningkatkan kinerja proses produksi.

Beberapa penerapan metode *Six Sigma* pada peningkatan kualitas proses produksi di antaranya adalah hasil penelitian Ganguly [3] yang melaporkan upaya peningkatan kualitas pada proses *rolling mill* pada produk *metal alloys* keras serta pengurangan *down time* pada proses *rolling*. Peningkatan kepresisian mesin penggilingan dengan metode *Six Sigma* dilaporkan oleh Nithyanandam dan Pezhinkattil [4]. Sucipto et al. [5–7] berturut-turut melaporkan aplikasi *Six Sigma* pada peningkatan kualitas jamur kemasan, peningkatan proses pengemasan ikan beku, dan evaluasi kualitas keripik buah Nangka. Setijono dan Dahlgaard [8] mengusulkan metode dalam melakukan *project selection*. Algoritma pemilihan *improvement project* harus menekankan pada *roadmap* yang dapat menghubungkan biaya kualitas yang muncul dengan *improvement project* yang terpilih sebagai prioritas untuk dilaksanakan. Banuelas et al. [9] menekankan bahwa

pemilihan sebuah *improvement project* yang akan dilakukan harus memiliki keterkaitan yang kuat dengan kebutuhan *strategic improvement* dan prioritas dalam organisasi.

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi perbaikan kualitas produk *frame top* untuk aplikasi *oral care* dengan tahapan *Define, Measure, Analyze, Improve* (DMAI) dalam metode *Six Sigma* untuk mengetahui *process capability, root cause* penyebab produk yang *defect*, dan merekonstruksi *Failure Mode and Effect Analysis* sebagai basis usulan *improvement* dalam skala prioritas.

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan di PT XYZ, Batam pada Bulan Mei-Juni 2020. Penelitian berfokus pada proses produksi *metal stamping* dalam pembuatan komponen *frame top* yang digunakan untuk aplikasi produk *oral care* yaitu *casing* sikat gigi elektrik. Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif yang meliputi penyajian data, analisis dan interpretasi data, dengan tahapan sebagai berikut:

1. Survey Lapangan

Untuk membangun pemahaman umum tentang proses produksi yang menjadi fokus perhatian dan kondisi sesungguhnya bagaimana proses tersebut dilakukan dan dimonitor maka survey lapangan dilakukan secara langsung.

2. Pengumpulan Data

Data *reject product* yang dianalisis adalah data produksi pada periode Mei – Juni 2020 sebagai output dari proses *metal stamping*

3. Pengolahan Data

Tahap ini dibagi menjadi beberapa *milestone* dengan mengacu pada metode 6 Sigma yang meliputi tahapan *Define, Measure, Analyze, dan Improve* sebagai berikut:

a) Define

Pada tahap *define* ini permasalahan yang akan dijawab ditetapkan dengan mengacu pada data *reject* produksi. Dari total *reject* yang direkam kemudian dapat diklasifikasikan menurut jenis *reject* nya. Dengan diagram Pareto maka 20% permasalahan yang berkontribusi pada 80% *reject* dapat diidentifikasi. Penyebab utama permasalahan ini kemudian menjadi fokus perhatian dalam penelitian ini.

b) Measure

Pada tahap *measure* ini ditentukan empat parameter berikut:

1. Penentuan jumlah sample dan uji normalitas

Jumlah minimum sample ditentukan dengan persamaan [10]:

$$n = \frac{N}{1+Ne^2} \dots \dots \dots (1)$$

dengan n adalah jumlah sampel, N adalah ukuran populasi. Sementara uji normalitas dilakukan dengan metode Kolmogorov-Smirnov pada *software Minitab*.

2. Perhitungan *Upper Control Limit* (UCL) dan *Lower Control Limit* (LCL)

Karena pada produk yang diteliti ini dihitung per unit *defective* dan pengambilan ukuran sample secara konstan maka digunakan *control chart*: *np-chart*. Pada *np-chart* perhitungan nilai UCL dan LCL [11] adalah sebagai berikut:

$$UCL = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} \dots \dots (2)$$

$$LCL = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} \dots \dots (3)$$

dengan n adalah jumlah tetap dalam subgroup sample dan \bar{p} adalah rata-rata dari proporsi *defective units*.

3. Perhitungan nilai *Defect per Million Opportunity* (DPMO) dan *Sigma Level*

Dari data produksi yang digunakan maka DPMO atau jumlah *out of specs* per satu juta kesempatan yang dihasilkan dari sebuah proses dapat dihitung dengan rumus:

$$DPMO = \frac{\text{Jumlah defects}}{(\text{Jumlah unit} \times \text{Jumlah kesempatan per unit})} \times 1.000.000$$

.(4)

Konversi nilai DPMO ke *sigma level* dilakukan dengan mengacu pada *Table Motorola's 6 Sigma Process* [12].

4. Penentuan nilai indeks kapabilitas process (Cpk)

Dengan membandingkan jarak minimum titik tengah terhadap batas *specs limit* terdekat terhadap nilai 3σ (toleransi natural sebuah proses yang terdistribusi normal) maka nilai indeks kapabilitas proses dapat dihitung dengan rumus:

$$Cp_k = \frac{\text{Sigma Level}}{3} \dots \dots \dots (5)$$

- c) Analyze

Di dalam tahap analisis ini, permasalahan yang menjadi fokus *improvement* akan ditinjau secara lebih detail dengan melakukan:

1. Konstruksi *fishbone diagram* yang memfasilitasi peninjauan permasalahan dari perspektif yang lebih luas yang meliputi faktor: *Man, Machine,*

Method, Material, Measurement, Environment. Konstruksi *fishbone diagram* dilakukan melalui proses *brainstorming* dari fungsi-fungsi yang terlibat di dalam proses yang menjadi fokus dalam penelitian.

2. Konstruksi *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) yang menjadi referensi dalam memetakan potensi kegagalan, sebab kegagalan dan tinggi rendahnya resiko kejadian dengan memperhitungkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) yang dihitung berdasarkan hasil perkalian nilai justifikasi untuk *Severity, Occurance* dan *Detection* sebagai berikut:

$$RPN = \text{severity} \times \text{occurance} \times \text{detection} .(6)$$

d) Improve

Tahap ini merujuk pada *ranking* nilai RPN yang diperoleh dari FMEA pada tahap *analyze*. Rekomendasi usulan perbaikan dapat berupa *technical actions*, perbaikan prosedur, peningkatan kapabilitas operator, menjaga mutu *raw material*, maupun perbaikan lingkungan kerja secara umum.

HASIL

Proses stamping untuk produksi komponen frame top untuk produk *oral care* ditunjukkan pada gambar 1 berikut:



Gambar 1. Diagram blok proses stamping produk frame top

Secara singkat dapat dijelaskan sebagai berikut: material dalam bentuk gulungan menjadi input pada proses *uncoiler*. Selanjutnya, output dari proses ini akan menjadi input bagi mesin *feeder*. Output dari mesin *feeder* berupa material yang sudah rata/flat. Pada proses ini rawan terjadi *roller mark*. Setelah itu material rata tersebut akan diproses seperti pelengkungan, pembuatan *coining*, pembuatan lubang dan pemotongan secara otomatis pada proses *tool dies*. Output dari mesin *tool dies* akan menjadi produk akhir yang dibawa oleh *conveyor* menuju *indexer* sebelum disiapkan menuju proses *packaging* akhir untuk proses *shipment*.

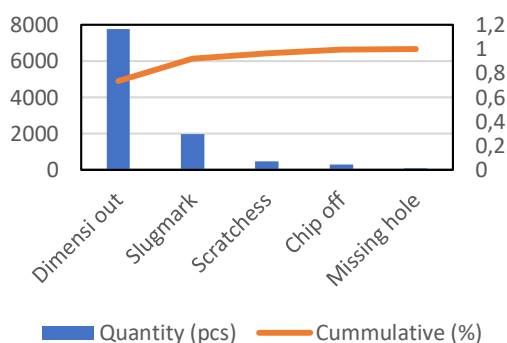
Fase Define

Dari hasil pengamatan pada data produksi selama dua bulan (Mei-Juni 2020) menunjukkan jenis *reject* yang

sering terjadi meliputi *dimension out*, *slug marks*, *scratches*, *chip off*, and *missing hole* dengan distribusi temuan pada masing-masing kategori seperti Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Distribusi *reject* berdasarkan kategori

Jenis Defect	Quantity [pcs]	Persentase [%]
Dimension out	7743	73.28
Slug marks	1970	91.92
Scratches	470	96.37
Chip off	302	99.22
Missing hole	82	100
Total	10.567	100



Gambar 2. Diagram Pareto jenis *reject* proses *metal stamping*

Untuk memvisualisasikan distribusi *reject* tersebut maka *diagram Pareto* dikonstruksi sekaligus untuk melihat jenis *major reject* apa saja (20% contributor utama) yang menjadi penyebab pada 80% masalah yang terjadi

pada proses produksi [13]. Dengan mengacu pada Gambar 2 di atas maka jelas terlihat bahwa manajemen seharusnya berfokus pada perbaikan mutu dengan menghilangkan kriteria *dimension out reject* karena masalah tersebut berkontribusi terhadap 80% dari total masalah/*reject* secara keseluruhan.

PEMBAHASAN

Sebagai tindak lanjut atas temuan pada fase *define* dimana masalah yang akan menjadi fokus *improvement* mengurangi atau menghilangkan jenis *reject* yang dominan yaitu dimensi out. Maka rumusan masalah ini perlu verifikasi dalam bentuk hasil pengukuran dalam fase *measure*.

Fase *Measure*

1. Pengambilan sample dan uji normalitas

Karena data yang mewakili populasi dalam penelitian ini adalah data produksi produk *frame top* selama 2 bulan (Mei – Juni 2020) yaitu sejumlah 445.245 pcs maka dengan persamaan 1 dapat dihitung estimasi jumlah sample yang dibutuhkan yaitu sebanyak 400 pcs. Dengan sistem produksi 2 *shift* setiap hari (@8 jam/*shift*) dan setiap *subgroup* sampling diambil

Volume 1 Nomor 1 Edisi Agustus 2020
 sebanyak 5 pcs/jam maka artinya dapat
 dikumpulkan 80 pcs/hari data sample.
 Jadi waktu yang dibutuhkan untuk
 pengambilan data sampling seluruhnya
 adalah kurang lebih 5 hari dengan hasil
 pengukuran seperti Tabel 2 berikut:

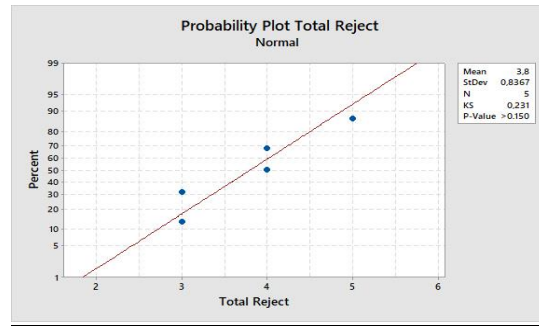
Tabel 2 Distribusi *reject* pada sample pada Bulan Juli 2020

Hari ke-	Jumlah sampel	1	2	3	4	5	Total Reject
1	80	1	2	0	1	1	5
2	80	2	2	0	0	0	4
3	80	1	0	2	0	0	3
4	80	2	0	1	1	0	4
5	80	2	0	0	0	1	3
Total	400	8	4	3	2	2	19
Persentase	-	42.1	21.05	15.7	10.5	10.5	100

Keterangan:

1. *Dimension-out*
2. *Slug-marks*
3. *Scratches*
4. *Chip-off*
5. *Missinghole*

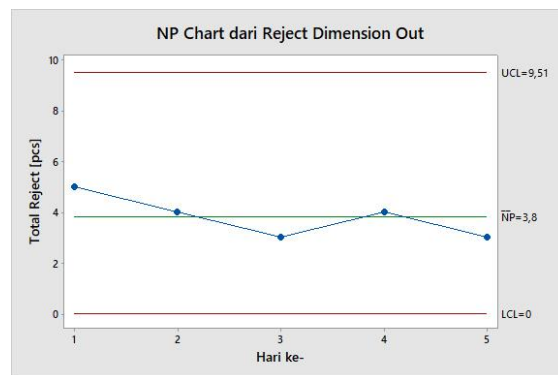
Uji normalitas dengan Kolmogorov-Smirnov *method* pada *software software Minitab* menunjukkan data terdistribusi normal. Hasil uji kenormalan menunjukkan nilai $p\text{-value} > \alpha = 0.150$ sehingga dengan nilai tersebut dapat dipastikan bahwa karakteristik data mengikuti distribusi normal seperti gambar 3:



Gambar 3. Hasil tes normalitas

2. Penghitungan *control chart*

Selanjutnya *Upper Control Limit (UCL)* dan *Lower Control Limit (LCL)* dari *np chart* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2 dan 3 berturut-turut. Dari perhitungan di dapat $UCL = 9.5$; $CL = 3.8$ dan $LCL = 0$. Dengan demikian, mengacu pada data dalam Tabel 2 khususnya pada fluktuasi jumlah *reject* dari kontributor terbesar yaitu *dimension out* maka dapat disimpulkan bahwa proses ini terkendali karena nilai jumlah *reject* berada pada rentang LCL dan UCL seperti ditunjukkan oleh gambar 4 berikut:



Gambar 4. Np chart *reject* dimensi out

3. Perhitungan DPMO dan *Sigma level*

Karena terdapat 8 pcs *reject* dari total 400 pcs sample pengecekan maka dengan mengacu pada persamaan 4 maka nilai DPMO adalah 20.000. Jika nilai ini dikonversi menurut *Table Motorola's 6 Sigma Process* maka akan didapatkan nilai *Sigma level* 3,56.

4. Pengukuran Indeks Kapabilitas Proses (Cpk)

Dari persamaan 5 maka nilai Cpk dari proses ini adalah 1,18. Dengan hanya memperhitungkan kontribusi *reject* dari jenis *dimension out* pada Table 2 maka estimasi *final yield* adalah $1 - 0.02 = 0.98 = 98\%$. Kedua parameter ini mengindikasikan bahwa kinerja proses *metal stamping* ini berada pada kategori moderat. Hal ini mengindikasikan bahwa perusahaan perlu mengupayakan cara-cara yang lebih efektif dan tegas untuk mengendalikan proses sehingga *Sigma level* dapat ditingkatkan.

Fase Analyze

Dari data yang dikumpulkan terlihat bahwa kontributor *reject* terbesar adalah *dimension out* yaitu ukuran potongan metal melebihi ukuran seharusnya yang dinyatakan dalam spesifikasi. Jika

kelebihan ukuran ini terlalu besar melebihi toleransi yang ada maka akan sangat mempengaruhi *yield* pada proses *assembly* berikutnya. Jika ditemukan setelah proses pengiriman ke *customer* maka akan berakibat fatal pada kepercayaan *customer* terhadap mutu produk yang dihasilkan. Hal ini dapat berdampak pada kepentingan bisnis perusahaan.

Mengingat pentingnya dampak yang dapat ditimbulkan jika proses tidak dikendalikan maka jenis *reject* dimensi *out* ini perlu dianalisis akar permasalahannya dengan menggunakan *fishbone diagram*. Penyebab masalah dimensi *out* ini dikelompokkan menjadi beberapa factor yaitu manusia (*man*), mesin (*machine*), metode (*method*), pengukuran (*measurement*), material (*material*) dan lingkungan (*environment*). Dari hasil *brainstorming* yang dilakukan bersama tim produksi, teknisi, *engineer* dan *quality inspector* diperoleh rincian penjelasan sebagai berikut:

1. Faktor manusia (*man*)

Terdapat tiga hal yang dianggap sebagai faktor penyebab kegagalan proses ini yang disebabkan oleh faktor manusia: 1)

operator tidak melakukan pengecekan produk secara teliti selain *sampling check* yang dilakukan oleh personil QA; 2) operator tidak mengerti sepenuhnya tentang spesifikasi produk yang dikerjakan; 3) operator tidak memahami SOP proses produksi sehingga berpotensi melakukan kesalahan prosedur *setup* dan *handling*.

2. Faktor mesin (*machine*)

Pada proses *metal stamping* yang terdiri dari rangkaian proses yang melibatkan beberapa jenis mesin berbeda, masing-masingnya memiliki sensor-sensor khusus untuk memastikan proses dapat berjalan sesuai dengan *setting* ideal. Jika *feeding* material tidak stabil maka kontinuitas proses akan terganggu. Hal ini disebabkan oleh sensor *misfed* yang rusak. Pada akhirnya juga akan mempengaruhi kualitas produk dari sisi kepresisian dimensi yang dihasilkan. Selain itu, pada proses *feeder* ini juga rawan terjadi *roller mark* yang mana hal ini disebabkan oleh sensor *slugmark* yang tidak berfungsi. Selanjutnya yang sering terjadi adalah *over bending* yang disebabkan oleh *bending tool* tidak presisi.

3. Faktor Metode (*Method*)

Reject dimensi *out* juga dapat disebabkan oleh faktor metodologi pengoperasian dan/atau *setting* parameter yang keliru selama pelaksanaan proses produksi. Berikut adalah akar permasalahan yang dihimpun oleh tim: 1) metode setting SPM yang keliru; 2) metode *setting* ketinggian *die* yang keliru; 3) metode deteksi perubahan tekanan angin yang keliru; 4) metode pengaturan aliran *oil* yang keliru.

4. Faktor pengukuran (*measurement*)

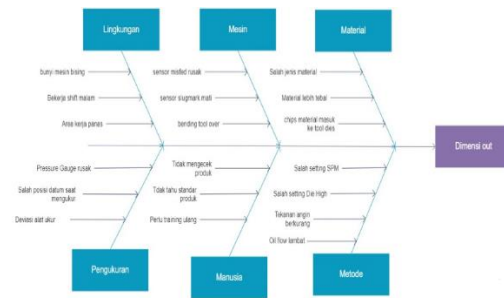
Faktor pengukuran berkontribusi pada justifikasi *reject* dimensi *out* dalam dua kategori: 1) *over-reject*: produk yang baik dianggap cacat; 2) *over-pass*: produk yang cacat dianggap baik. Dalam konteks ini, kedua hal tersebut terjadi seringkali disebabkan oleh *pressure gauge* rusak, *setting* kepresisian data keliru pada saat melakukan pengukuran maupun deviasi pada alat ukurnya sendiri karena kesalahan kalibrasi atau *overdue* proses kalibrasi ulang.

5. Faktor material

Dalam konteks *reject* dimensi *out* ini, faktor *material handling* menjadi cukup signifikan mengingat seringnya terjadi kesalahan penggunaan jenis material maupun dimensi *raw material* yang seharusnya digunakan seperti penggunaan material yang lebih tebal. Hal ini berujung pada kegagalan dalam pemrosesan material tersebut salah satunya dalam bentuk dimensi *out*. Selain itu ini juga dapat berakibat fatal karena serpihan material dapat masuk ke *tool dies* sehingga akan mempengaruhi kualitas proses pemotongan.

6. Faktor Lingkungan (*environment*)

Bahwa proses *metal stamping* menghasilkan tingkat kebisingan yang tinggi dan panas yang ditransfer dari mesin ke lingkungan telah membuat kondisi operator tidak nyaman. Selain itu sangat beresiko pada proses produksi yang dilakukan pada malam hari. Kelelahan yang diikuti dengan penurunan konsentrasi dapat memicu kesalahan yang tidak perlu bahkan kecelakaan kerja.



Gambar 5. Fishbone diagram penyebab reject dimensi out

Tabel 3 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) reject dimensi out

No	Penyebab Kegagalan	Frekuensi Kejadian	Tingkat Keparahan	Adanya Deteksi	RPN	Peringkat
1	Operator mesin dan QA kurang teliti	3	5	1	15	4
2	Operator kurang memahami SOP proses produksi	3	5	1	15	4
3	Kerusakan pada	1	5	5	25	3

Fase Improve

Berdasarkan temuan pada hasil *brainstorming* yang dikonstruksikan pada *fishbone diagram* (Gambar 5) yang selanjutnya ditelaah lebih jauh untuk ditetapkan skala prioritas perbaikannya (Tabel 3) maka kesalahan *setting* pada mesin dan kesalahan pengukuran merupakan dua hal yang memiliki nilai RPN paling tinggi. Hal ini dikarenakan bahwa jika masing-masing faktor ini terjadi maka akan dapat menimbulkan dampak kecacatan pada produk dalam tingkatan fatal (skala maksimum 5)

disamping bahwa pola-pola kecacatan yang disebabkan oleh kedua faktor ini juga cukup sering terjadi (skala 3) dan sistem deteksi yang juga belum cukup efektif untuk menghentikan operasional proses jika produk/output terindikasi mengalami gangguan akibat kedua faktor tadi (skala 3). Pemberian training dan menerapkan sistem *certified operator* dapat menjadi solusi bagi kedua permasalahan prioritas di atas. Dengan menerapkan sistem sertifikasi operator yang berkala maka dapat meningkatkan sistem deteksi tentang cukup tidaknya kualifikasi operator yang bertanggungjawab terhadap operasional mesin dan prosesnya. Hal sejalan juga dinyatakan oleh Maarif dan Tanjung [14]. Sementara untuk permasalahan skala prioritas kedua, sebetulnya dapat diminimalisir dengan menerapkan standar kerja yang baik dalam bentuk *work instruction*. Dengan dinyatakan secara jelas, siapa yang bertanggungjawab terhadap proses dan operasional mesin termasuk kebersihan lingkungan/area kerja seperti crumb-free (bebas remah-remah hasil proses *cutting*) maka kemacetan atau *clogging* pada operasional mesin akan dapat dihindari.

Sama halnya dengan permasalahan sebelumnya, untuk permasalahan skala prioritas ketiga juga dapat diselesaikan dengan menerapkan *Standard Operating Procedure* (SOP) yang tegas terkait dengan aktivitas *maintenance*. Tim teknisi harus dapat mendefinisikan jadwal *maintenance* yang paling efisien untuk menghindari kejadian gagal operasional sebagai akibat dari kelalaian pemantauan. Selain itu, SOP ini juga akan menjelaskan pihak mana saja yang bertanggung jawab terhadap pelaksanaan *maintenance* dan pemantauan kinerja fasilitas dari waktu ke waktu [15]. Dengan adanya SOP ini maka secara otomatis akan membuat sebuah sistem deteksi dini terhadap upaya pencegahan sebelum terjadinya kegagalan pada proses.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian di atas dapat disimpulkan bahwa pada proses dengan kinerja cukup baik (*moderately good*) saja sebetulnya masih banyak potensi perbaikan yang dapat dilakukan. Dengan Sigma level pada nilai 3.56 sebetulnya masih jauh dari kondisi ideal. Selanjutnya dengan mengacu pada *process yield*

dimana *reject level* berada pada angka 2%, yang mana dengan volume produksi per bulan sebesar ~10K, menjadi cukup signifikan. Lebih jauh jika diteliti ternyata akar permasalahan yang menyebabkan mode kegagalan utama adalah kontribusi dari kualitas operator (faktor *manpower*) yang belum terkendali. Sistem *training* dan sertifikasi berjangka serta SOP tentang sistem pemantauan dan pemeliharaan mesin secara berkala menjadi prioritas untuk implementasi perbaikan pada manajemen proses sehingga diharapkan akan dapat mengurangi kegagalan yang tidak perlu dalam proses operasional.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Thomas Pyzdek and P. A. Keller. (2010). *The Six Sigma Handbook, A Complete Guide for Green Belts, Black Belts, and Managers at All Levels*. 3rd ed. New York: McGraw-Hill.
- [2] P. Pande, R. Neuman, and R. Cavanagh. (2000). *The Six Sigma Way: How GE, Motorola and Other Top Companies are Honing Their Performance*. New York: McGraw-Hill.
- [3] K. Ganguly, Improvement Process for Rolling Mill through The
- DMAIC Six Sigma Approach.(2012). *International Journal of Quality Research*, vol. 6(3): 221–231.
- [4] G. K. Nithyanandum and R. Pezhinkattil. (2014). A Six Sigma Approach for Precision Machining in Milling. *Procedia Engineering*, vol. 97: 1755–1764.
- [5] S. Sucipto, D. P. Sulistyowati, and S. Anggarini. (2017). Pengendalian Kualitas Pengalengan Jamur dengan Metode Six Sigma di PT. Y, Pasuruan, Jawa Timur. *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*, vol. 6(1): 1–7.
- [6] S. Sucipto, R. Astuti, and A. Megawati. (2018). Analisis Kualitas Pengemasan Vakum Ikan Beku dengan Metode Six Sigma (Studi Kasus di PT X, Pasuruan Jawa timur. *Agrointek*, vol. 12(2)
- [7] S. Sucipto, I. Ardiyati, and U. Effendi. (2018). Evaluasi Kualitas Keripik Buah Nangka dengan Metode Six Sigma. *J. Teknologi Pertanian Andalas*, vol. 22(2): 126–137.
- [8] D. Setijono and J. J. Dahlgaard. (2007). Selecting Improvement Projects that Add Value to Customers. *The Asian Journal on Quality*, vol. 8(1): 15–26.

- [9] R. Banueles, J. Antony, and M. Brace. (2005). An Application of Six Sigma to Reduce Waste. *Qual. Reliab. Eng. Int.*, vol. 21: 553–570.
- [10] T. Yamane. (1967). *Statistics, An Introductory Analysis*, 2nd ed. New York: Harper and Row.
- [11] M. J. Kiemele and S. R. Schmidt. (1993). *Basic Statistics*. Colorado: Air Academy Press.
- [12] iSixSigma-Editorial. [Accessed: 29-Jul-2020]. Sigma to DPMO to Yield to Cpk Table. [Online]. Available: <https://www.isixsigma.com/new-to-six-sigma/sigma-level/sigma-to-dpmo-to-yield-to-cpk-table/>.
- [13] F. Thalib, M. N. Qureshi, and Z. Rahman. (2010). Pareto analysis of total quality management factors critical to success for service industries. *International Journal of Quality Research*, vol. 4(2): 155–168.
- [14] S. M. Maarif and H. Tanjung,. (2003). *Manajemen Operasi*. Jakarta: Grasindo.
- [15] B. S. Abbas, E. Steven, H. Christian, and T. Sumanto. (2009). Penjadwalan Preventive Maintenance Mesin B. Flute pada PT. Adina Multi Wahana. *Inasea*, vol. 10(2): 97–104.