

Perbaikan Kualitas Proses *Thermoforming* Round Drinking Cups Menggunakan FMEA

Nur Annisa Kusuma Dewi dan Moses Laksono Singgih
Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: moseslsinggih@ie.its.ac.id

Abstrak— PT PPA merupakan perusahaan yang memproduksi plastik kemasan *thermoformed*. Salah satu produk yang dihasilkan dan menjadi objek pada penelitian ini yaitu *round drinking cups*. Pada proses produksi *round drinking cups* terdapat banyak produk *defect* yang dihasilkan. Proses yang menghasilkan *defect* paling banyak yaitu proses *thermoforming*. *Defect* yang sering terjadi pada proses *thermoforming* yaitu *defect* diameter tidak standar dan meleyot. Adanya *defect* akan menimbulkan kerugian bagi perusahaan karena produk *defect* memerlukan *rework* dan sebagian harus dibuang. Penelitian ini dilakukan untuk mengurangi *defect* diameter tidak standar dan meleyot. Pendekatan yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan *failure mode and effect analysis* (FMEA). Dari data *defect* yang telah dikumpulkan, kemudian dilakukan penentuan *defect* yang menjadi prioritas perbaikan menggunakan *pareto chart*, selanjutnya dilakukan identifikasi penyebab-penyebab *defect* menggunakan *cause and effect diagram* dan dilakukan analisis lebih lanjut menggunakan 5 *whys* untuk mengidentifikasi akar penyebab *defect*. Hasil analisis akar penyebab *defect* menunjukkan terdapat 6 akar penyebab *defect* diameter tidak standar dan 23 akar penyebab *defect* meleyot. Kemudian dari akar penyebab yang telah diidentifikasi dilakukan penilaian risiko menggunakan FMEA dengan mempertimbangkan efisiensi dan *downtime* yang terjadi pada mesin *thermoforming*. Rekomendasi perbaikan diberikan berdasarkan analisis FMEA dengan nilai RPN tertinggi. Pada penelitian ini didapatkan hasil RPN tertinggi pada *defect* diameter tidak standar dan meleyot disebabkan permasalahan pada *valve forming*. Rekomendasi yang diberikan untuk mengurangi permasalahan tersebut yaitu melakukan pengecekan *valve forming*, melakukan pengecekan komponen dan pencatatan kondisi mesin secara periodik, serta meningkatkan kinerja karyawan melalui pelatihan maupun pemberian motivasi. Apabila ketiga rekomendasi tersebut diterapkan, maka diperkirakan terjadi penurunan *defect* diameter tidak standar sebesar 20%, dan penurunan *defect* meleyot sebesar 15%.

Kata Kunci—5 Whys, Drinking cups, FMEA, Thermoforming.

I. PENDAHULUAN

PERSAINGAN industri yang ketat menyebabkan semakin ketat pula spesifikasi produk yang diinginkan *customer*. Agar perusahaan dapat menghasilkan produk sesuai dengan spesifikasi dan memenuhi kepuasan *customer* maka diperlukan adanya pengendalian kualitas.

PT PPA merupakan perusahaan yang memproduksi plastik kemasan *thermoformed* yang dirancang khusus untuk produk makanan maupun minuman dingin. Produk yang dihasilkan PT PPA diantaranya *round drinking cups*, *cups lids*, *snack cups*, *trays & lids*, dan *sundae cups*. Objek yang menjadi fokus *improvement* pada penelitian ini yaitu *round drinking cups* karena merupakan varian produk yang paling banyak diproduksi PT PPA yaitu sekitar 48% dari keseluruhan produksi.

Rangkaian proses produksi plastik kemasan terdiri dari proses *mixing*, *extrusion*, *thermoforming*, *printing*, dan *packaging*. Bahan baku berupa resin dan *regrind* dicampur dengan perbandingan tertentu, kemudian dilakukan proses *extrusion* sehingga dihasilkan *output* berupa *roll sheet*. *Roll sheet* tersebut digunakan untuk *input* proses *thermoforming* sehingga dihasilkan produk jadi. Kemudian sebagian produk langsung dilakukan proses *packaging* dan sebagian lagi melalui proses *printing* lalu *packaging*.

Terdapat berbagai *defect* pada proses produksi *round drinking cups*. Terjadinya *defect* pada produk *round drinking cups* dapat dipengaruhi beberapa hal seperti kualitas *sheet* yang digunakan, lingkungan produksi yang kurang bersih, metode yang digunakan, serta faktor mesin dan manusia yang terlibat pada proses produksi. Adanya *defect* tersebut dapat merugikan perusahaan karena harus dibuang maupun dilakukan *rework* yang akan menimbulkan biaya. Berdasarkan data proses produksi *round drinking cups* periode Juli-September 2018, proses yang menghasilkan jumlah *defect* paling banyak yaitu proses *thermoforming* yang mencapai 13,42% dari *output* yang dihasilkan, sehingga pada penelitian ini difokuskan untuk mengurangi produk *defect* pada proses *thermoforming round drinking cups*. Dengan dilakukan perbaikan dan pengendalian kualitas diharapkan dapat mengurangi *defect* yang ada pada proses *thermoforming*.

Pendekatan yang digunakan pada penelitian ini untuk mengurangi *defect* pada proses *thermoforming round drinking cups* yaitu menggunakan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). Pembuatan FMEA bertujuan untuk menganalisa potensial kegagalan proses dan mengevaluasi kegagalan tersebut, sehingga dapat diketahui kegagalan yang memberikan kontribusi terbesar dan menjadi prioritas untuk dilakukan perbaikan [1]. FMEA mengidentifikasi penyebab kritis *defect* dengan melakukan penilaian risiko sehingga diketahui prioritas risiko mode kegagalan. Penilaian risiko terdiri dari tingkat keparahan efek suatu mode kegagalan (*severity*), frekuensi terjadinya kegagalan (*occurrence*), dan kontrol yang digunakan untuk mendeteksi kegagalan (*detection*). Dari prioritas tersebut dikembangkan dan dirumuskan tindakan yang akan diterapkan untuk mengurangi risiko sehingga dapat diketahui dimana tindakan pencegahan akan berguna untuk mencegah terjadinya *defect*. FMEA dipilih karena metode FMEA merupakan metode kualitatif penilaian risiko yang mudah dimengerti, dilakukan, mudah diterapkan, menghemat waktu dan biaya [2]. Serta mempertimbangkan ketersediaan data yang ada dan melihat praktiknya dimana PT PPA belum pernah melakukan penilaian risiko untuk menganalisis permasalahan proses produksinya.

II. METODE PENELITIAN

A. Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan yaitu mengenai *defect* dan produksi plastik kemasan *thermoformed*. Data yang dikumpulkan berupa data sekunder, data hasil wawancara, serta data laporan perusahaan.

B. Pengolahan Data

Pada tahap ini dilakukan pemilihan prioritas perbaikan kualitas menggunakan *pareto chart*. Jenis *defect* yang ada diurutkan berdasarkan frekuensi *defect* yang terjadi untuk mengetahui prioritas *defect* kritis untuk diperbaiki. Selanjutnya dilakukan identifikasi penyebab *defect* menggunakan *fishbone diagram*.

C. Analisis dan Perbaikan

Setelah dilakukan pengumpulan dan pengolahan data, dilakukan analisis lebih lanjut untuk mengetahui akar penyebab terjadinya *defect* menggunakan 5 *whys*. Selanjutnya dilakukan analisis terjadinya kegagalan menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* dengan mempertimbangkan *downtime* dan permasalahan yang terjadi pada mesin *thermoforming* yang berpotensi menyebabkan *defect*.

D. Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan dari penelitian yang menjawab tujuan yang telah ditentukan. Sedangkan saran untuk memperbaiki penelitian selanjutnya.

III. PENGOLAHAN DATA

Round drinking cups merupakan objek yang diteliti pada penelitian ini. Pada *round drinking cups* yang diproduksi di divisi *thermoforming* masih terdapat banyak jenis *defect*. *Defect* yang terdapat pada proses *thermoforming round drinking cups* antara lain sebagai berikut.

1) Meleyot

Defect ini berupa bagian bibir gelas bergelombang yang dapat menyebabkan kebocoran minuman pada saat gelas digunakan.

2) Diameter Tidak Standar

Defect ini merupakan *defect* dimana diameter yang dihasilkan oleh proses *thermoforming* tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh perusahaan. Ketidaksesuaian ini bisa diameter lebih besar maupun lebih kecil dari standar yang ditentukan.

3) Berminyak

Defect ini ditandai dengan bagian dinding gelas yang licin. *Defect* ini menyebabkan tinta sulit menempel dan pewarnaan menjadi tidak merata pada proses *print*.

4) DOT

Defect berupa titik yang terdapat pada bagian *round drinking cups*.

5) Rim Roll Kotor

Defect rim roll kotor yaitu pada bagian *rim roll* terdapat potongan serabut-serabut yang menempel.

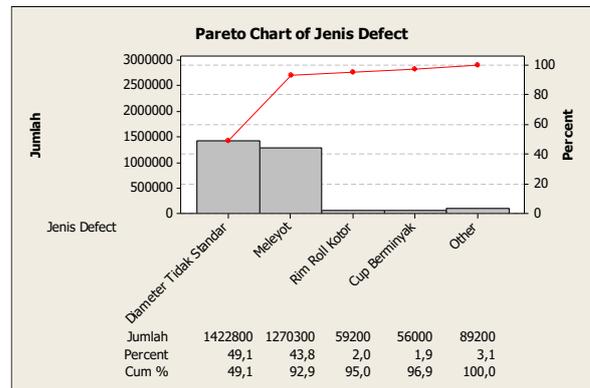
6) Rim Roll Serabut

Defect ini dapat dilihat secara visual yaitu adanya serabut pada bagian *rim roll*.

7) Tipis

Defect ini merupakan *defect* dimana ketebalan gelas jauh dibawah spesifikasi yang ditentukan.

Dari data *defect* yang telah dikumpulkan kemudian dapat dilakukan pengolahan data untuk menentukan *defect* yang akan dianalisis lebih lanjut menggunakan *pareto chart*. Penentuan *defect* yang akan dianalisis lebih lanjut menggunakan *pareto chart* ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Pareto Chart Jenis Defect.

Berdasarkan Gambar 1, sesuai dengan prinsip *pareto chart*, maka terdapat dua jenis prioritas *defect* yang dijadikan fokus *improvement* pada proses *thermoforming round drinking cups*. Kedua jenis *defect* tersebut yaitu *defect* diameter tidak standar yang memiliki persentase sebesar 49,1% dan *defect* meleyot dengan persentase sebesar 43,8%.

IV. HASIL DAN DISKUSI

A. Penentuan Penyebab-penyebab Defect

Berdasarkan *pareto chart* didapatkan hasil *defect* yang menjadi prioritas perbaikan yaitu pada *defect* diameter tidak standar dan meleyot. Terdapat banyak faktor yang mungkin menyebabkan terjadinya *defect* tersebut. Secara umum faktor tersebut dibagi ke dalam beberapa kategori diantaranya *man, machine, method, material, dan environment*. Kategori-kategori tersebut digunakan dalam *cause and effect diagram*.

Penyebab potensial *defect* diameter tidak standar dari faktor *man* yaitu operator kurang kompeten, tidak mengontrol proses produksi, dan tidak melakukan pengecekan komponen. Penyebab dari faktor material yaitu tidak ada penanganan khusus *roll sheet*, dan *sheet* terlalu tebal. Penyebab dari faktor *method* yaitu *setting* mesin tidak tepat. Penyebab dari faktor *machine* yaitu pemanasan *sheet* tidak merata, tekanan tidak sesuai standar, tidak dilakukan *preventive maintenance*, dan komponen mesin bermasalah. Penyebab dari faktor *environment* yaitu mesin *grinding* terdapat pada lantai produksi.

Penyebab potensial *defect* diameter meleyot dari faktor *man* yaitu operator kurang kompeten, tidak mengontrol proses produksi, dan tidak melakukan pengecekan komponen. Penyebab dari faktor material yaitu tidak ada penanganan khusus *roll sheet*, dan *sheet* terlalu tebal. Penyebab dari faktor *method* yaitu *setting* mesin tidak tepat. Penyebab dari faktor *machine* yaitu suhu *sheet* tidak sesuai standar, *stacking* tidak tepat, posisi *lower* dan *upper tool* tidak standar, tekanan tidak sesuai standar, tidak dilakukan *preventive maintenance*, dan komponen mesin bermasalah. Penyebab dari faktor *environment* yaitu mesin *grinding* terdapat pada lantai produksi.

B. Analisis Akar Penyebab Defect

Berdasarkan *cause and effect diagram* yang telah dibuat, kemudian dilakukan analisis lebih lanjut untuk mengetahui

akar penyebab *defect* menggunakan 5 *whys analysis*. Analisis akar penyebab *defect* dilakukan berdasarkan *cause and effect diagram*, literatur dan permasalahan yang bisa terjadi pada mesin *thermoforming*.

Dari hasil analisis 5 *whys* terdapat 29 akar permasalahan penyebab terjadinya *defect* pada proses *thermoforming*, yang terdiri dari 6 akar permasalahan penyebab terjadinya *defect* diameter tidak standar dan 23 akar penyebab terjadinya *defect* meleyot. Terlihat juga bahwa terdapat beberapa akar permasalahan yang hampir sama. Berikut ini merupakan pengelompokan akar permasalahan secara garis besar yaitu:

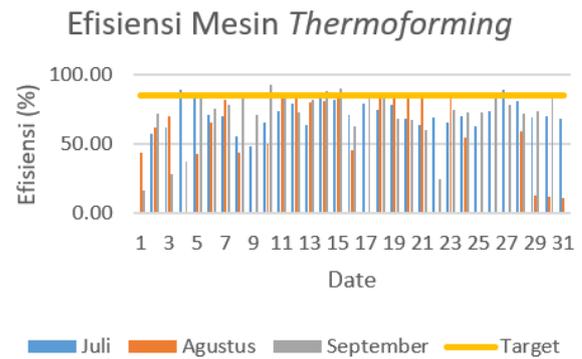
1. Tidak ada pengecekan rutin komponen mesin secara rutin yang dilakukan baik oleh operator maupun *engineer*. Perbaikan dilakukan setelah adanya kerusakan pada komponen mesin *thermoforming*, kerusakan baru diketahui dari *output* yang dihasilkan.
2. Suhu *heater* tidak stabil. Suhu *heater* yang tidak stabil dapat menyebabkan pemanasan *sheet* tidak merata dan suhu *sheet* menjadi tidak tepat.
3. *Cable thermocouple* putus. *Cable thermocouple* merupakan kabel yang digunakan untuk membaca suhu *heater* dan menampilkannya ke *monitor control*. Apabila *cable thermocouple* putus maka suhu *heater* tidak diketahui dan dapat menyebabkan suhu *sheet* tidak tepat.
4. *Sheet* terlalu tebal. Apabila *sheet* yang digunakan terlalu tebal maka dapat menyebabkan distribusi material pada *cup* yang terbentuk tidak rata.
5. Tidak diketahui tekanan pada *pneumatic*. Apabila tekanan *pneumatic* tidak diketahui maka dapat menyebabkan tekanan yang digunakan tidak sesuai dengan standar sehingga dapat mengganggu proses pembentukan *cup* sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan.
6. Posisi *swivel* tidak sesuai standar. *Swivel* merupakan alat yang berfungsi untuk menggerakkan *cup* setelah proses *forming* ke *stacking*. Jika posisi *swivel* tidak sesuai standar maka dapat mengakibatkan posisi *lower* dan *upper tool* tidak *center*.
7. Kabel *encoder* rusak. Kabel *encoder* merupakan kabel sensor yang mengatur pergerakan *swivel*. Apabila kabel *encoder* rusak maka dapat mengganggu kinerja *swivel* dan mesin akan secara otomatis berhenti.
8. *Setting* temperatur *tool* tidak tepat. *Setting* temperatur merupakan pengaturan temperatur pada *tool* yang digunakan pada proses *thermoforming* seperti *mold*, *plug assist* dan sebagainya. *Setting* temperatur yang tidak tepat dapat menyebabkan distribusi material menjadi tidak rata.
9. *Setting heater* tidak tepat. Apabila *setting* temperature *heater* terlalu panas, memungkinkan *sheet* *loose* dari *chain transport*, karena plastik akan meleleh karena suhu yang terlalu panas.

C. Efisiensi Mesin Thermoforming

Berdasarkan analisis 5 *whys*, *defect* yang ada disebabkan oleh permasalahan pada komponen-komponen mesin. Untuk itu dilakukan penghitungan efisiensi mesin untuk melihat bagaimana kinerja mesin terhadap standar yang ditetapkan perusahaan. Pada Gambar 2 akan ditampilkan grafik efisiensi mesin *thermoforming* bulan Juli-September 2018.

Berdasarkan Gambar 2, dapat diketahui bahwa masih banyak terdapat efisiensi mesin yang tidak mencapai target perusahaan yaitu efisiensi mesin sebesar 85%. Efisiensi mesin *thermoforming* rendah karena *commercial hours* (waktu yang diperlukan untuk menghasilkan *output* aktual)

yang rendah. Penyebab utama rendahnya *commercial hours* karena tingginya *unplanned downtime*.



Gambar 2. Grafik Efisiensi Mesin Thermoforming Juli-September 2018.

Unplanned downtime yaitu waktu dimana peralatan atau mesin tidak digunakan karena aktivitas yang tidak direncanakan. *Unplanned downtime* terdiri dari *engineering*, *blank material*, *PLN*, *man power*, dan *production*. *Engineering* merupakan *downtime* yang disebabkan fungsi komponen maupun peralatan tidak berjalan sebagaimana mestinya. *Unplanned downtime engineering* terdiri dari *utility*, *machine*, dan *tool*. *Utility* yaitu *downtime* terkait permasalahan pada *compressor*, pendingin (*chiller*). *Machine* terkait sistem mekanik, elektrik, pneumatik, dan *tools* yaitu terkait *mold*, *plug assist*. *Blank material* yaitu *downtime* yang diakibatkan karena material yang digunakan tidak sesuai standar saat proses *thermoforming* berlangsung sehingga proses perlu dihentikan dan dilakukan penggantian material. *PLN* yaitu *downtime* yang diakibatkan pemadaman listrik oleh PLN tanpa adanya pemberitahuan terlebih dahulu. *Man power* merupakan *downtime* yang diakibatkan tidak masuknya operator tanpa pemberitahuan terlebih dahulu. *Production* merupakan *downtime* yang terkait proses produksi, terdiri dari *set up*, *start up*, dan *process*. *Set up* merupakan *downtime* akibat *tool change*, saat penggantian produk yang akan diproduksi. *Start up* merupakan kelanjutan dari *set up* yaitu persiapan *heating* dan sebagainya. *Process* merupakan *downtime* yang dilakukan untuk menjaga variabel produk sesuai dengan standar seperti *setting* temperatur dan *setting* tekanan. Selanjutnya dilakukan elaborasi lebih lanjut mengenai penyebab *downtime* pada mesin *thermoforming* sebagai data pendukung untuk melakukan analisis FMEA.

D. Analisis Risk Priority Number FMEA

Dalam menentukan rekomendasi perbaikan, perlu dilakukan pemilihan akar penyebab *defect* yang kritis. Pemilihan tersebut dilakukan dengan menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Analisis FMEA dilakukan menggunakan hasil dari *Root Cause Analysis* (RCA) dan dengan mempertimbangkan *problem* yang pernah terjadi dan mengakibatkan *unplanned downtime* pada mesin *thermoforming*.

Pada analisis FMEA dilakukan penilaian mengenai tingkat keparahan yang ditimbulkan (*severity*), tingkat keserangan terjadi (*occurrence*), dan kemampuan mendeteksi kegagalan (*detection*). Penilaian *severity*, *occurrence*, dan *detection* dilakukan oleh Manajer Produksi PT PPA berdasarkan pengalaman selama menangani mesin *thermoforming* dan data penunjang yang dimiliki perusahaan. Dari penilaian ketiganya aspek yaitu *severity*, *occurrence*, dan *detection* dapat dihitung nilai *Risk Priority Number* (RPN) dimana *failure*

mode dengan nilai RPN tertinggi merupakan penyebab *defect* yang kritis.

Berdasarkan analisis FMEA, didapatkan hasil *failure mode* dengan nilai RPN tertinggi yaitu 280 baik untuk *defect* diameter tidak standar maupun meleyot disebabkan karena terdapat permasalahan pada *valve forming*. Hal tersebut menunjukkan bahwa permasalahan tersebut sering terjadi serta menimbulkan dampak yang cukup signifikan terhadap terjadinya *defect* pada proses *thermoforming*. Kesamaan penyebab *defect* yang kritis ini karena memang pada dasarnya *valve forming* merupakan salah satu komponen yang berperan penting pada proses *forming* untuk menghasilkan produk sesuai dengan spesifikasi.

E. Diskusi

Hasil yang didapat dari penelitian ini bahwa *defect* diameter tidak standar dan meleyot disebabkan karena kurangnya tekanan pada *valve forming*. Ekstensi akhir lembaran terhadap permukaan cetakan tergantung pada tekanan yang diterapkan dan ketahanan polimer tergantung waktu dan suhu. Jika lembaran tidak mereplikasi permukaan cetakan, baik tekanan atau suhu lembaran harus meningkat atau keduanya [3]. Hal tersebut mendukung hasil penelitian dimana kurangnya tekanan berpengaruh terhadap hasil *forming*.

Kurangnya tekanan dapat disebabkan oleh berbagai hal seperti kebocoran pipa *pneumatic air* yang disebabkan *seal* yang aus, kerusakan pada *air regulator*, korosi pada *plug*, dan kurangnya tekanan pneumatik dari *compressor*. Berdasarkan keterangan operator produksi, perbaikan yang sering dilakukan pada *valve forming* yaitu penggantian *seal*. Apabila sering dilakukan penggantian *seal* karena aus, maka kemungkinan penyebab kurangnya tekanan pada *valve forming* karena kebocoran akibat *seal* yang aus.

Tidak ada masalah dalam mendeteksi kebocoran tekanan *forming*; udara bertekanan akan memberikan tanda apabila terjadi kebocoran dengan raungan yang keras [4]. Namun, kebocoran pada *valve* PT PPA tidak dapat dideteksi dengan tanda-tanda fisik seperti suara dan sebagainya. Hal tersebut dapat disebabkan karena bunyi mesin lebih keras dibandingkan kebocoran itu sendiri sehingga tidak terdengar adanya suara kebocoran. Untuk penelitian lebih lanjut dapat diteliti mengenai bagaimana cara agar apabila terdapat suara kebocoran akan dapat mudah dideteksi maupun alternatif mendeteksi kebocoran secara fisik selain dari suara yang ditimbulkan.

F. Rekomendasi Perbaikan

Berdasarkan analisis FMEA yang telah dilakukan, didapatkan *failure mode* yang kritis dan akan dilakukan perbaikan yaitu tekanan *forming* tidak sesuai standar. Faktor penyebab *failure mode* ini yaitu *valve forming* yang rusak dan tidak ada pengecekan *valve forming*. Berikut ini merupakan rekomendasi perbaikan yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut:

1) Melakukan pengecekan rutin *valve forming* dan melakukan perbaikan jika diperlukan.

a. Mengecek *seal*, *air regulator*, dan *plug*. Apabila *seal* aus maka lakukan penggantian. Untuk memeriksa kerusakan pada *air regulator* dapat dilakukan pengecekan tekanan pada *pressure gauge* apabila tidak sesuai dengan *setting* yang diinginkan maka dilakukan penyesuaian *setting air*

regulator. Periksa *plug*, apabila *plug* korosi maka dilakukan penggantian *plug*.

b. Mengecek tekanan dari *compressor*. Untuk mengetahui adanya kerusakan pada *compressor* dapat dilihat dari tekanan yang dikeluarkan. Perlu dilakukan pengecekan kesesuaian antara *setting* tekanan yang harus dikeluarkan dengan tekanan aktual yang dikeluarkan *compressor*. Apabila tidak sesuai maka permasalahan ada pada *compressor* dimana *compressor* tidak dapat mengeluarkan tekanan sesuai dengan *setting*.

c. Apabila *seal*, *air regulator*, *plug*, dan *compressor* bekerja dengan baik namun tekanan masih tidak sesuai maka perlu dilakukan penggantian *valve*. Jika kerusakan dikarenakan permasalahan pada *compressor* maka perlu dianalisis lebih lanjut mengenai penyebab kerusakan agar dapat dilakukan tindakan perbaikan.

2) Melakukan pengecekan komponen dan pencatatan kondisi mesin secara periodik.

Pengecekan dilakukan untuk mengetahui kondisi komponen mesin apakah sudah sesuai standar atau belum. Dapat pula didukung dengan pemberian tanda-tanda peringatan sesuai standar. *Set up* mesin harus didokumentasikan dan dokumentasi harus diikuti secara konsisten. Karena perubahan yang dibuat pada proses akan penting untuk dasar analisis.

3) Meningkatkan kinerja karyawan melalui pelatihan maupun pemberian motivasi

Pelatihan yang diberikan dapat berupa bagaimana cara mendeteksi adanya permasalahan dan memperbaikinya ketika proses produksi berlangsung. Pelatihan tersebut bertujuan untuk meningkatkan keahlian dan ketelitian operator sehingga apabila terdapat permasalahan atau dihasilkan produk *defect* dapat langsung dideteksi dan dapat segera diambil tindakan perbaikan. Untuk memotivasi karyawan dapat didukung dengan menerapkan sistem *reward and punishment* dimana karyawan yang kinerjanya di atas standar yaitu mencapai efisiensi mesin *thermoforming* lebih dari 85% akan mendapat *reward* dan sebaliknya karyawan yang kinerjanya mencapai efisiensi mesin *thermoforming* kurang dari 70% akan mendapat *punishment*. *Reward* yang diberikan berupa insentif. Adanya insentif akan memotivasi dan mendorong kinerja karyawan menjadi lebih produktif. Agar pemberian insentif dapat secara efektif memotivasi pekerja untuk lebih meningkatkan performansi kinerjanya, maka besarnya insentif tersebut minimal 20% dari upah dasar, dan idealnya frekuensi pemberian insentif ini satu minggu sekali, sehingga karyawan memperoleh umpan balik secara langsung sesegera mungkin atas kinerjanya [5]. *Reward* yang diberikan yaitu minimal Rp. 772.939,24 tiap bulan. *Punishment* secara tradisional tidak efektif untuk mendisiplinkan karyawan [6], Agar karyawan dapat disiplin berikut merupakan langkah-langkah pemberian *punishment* pada karyawan:

1. Berikan peringatan lisan untuk kesalahan pertama.
2. Jika kesalahan lain muncul dalam waktu 6 minggu, berikan peringatan resmi tertulis dan adakan diskusi pribadi dengan karyawan.
3. Jika kesalahan lain terjadi dalam sekitar 6 minggu ke depan, berikan "cuti pengambilan keputusan" selama 1 hari untuk mempertimbangkan apakah karyawan tersebut ingin mematuhi aturan perusahaan. Ketika karyawan kembali bekerja, maka karyawan sudah harus membuat keputusan.

4. Jika perilaku itu diulang, langkah selanjutnya adalah pemecatan.

G. Estimasi Setelah Penerapan Perbaikan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, diketahui akar permasalahan kritis yang menyebabkan *defect* diameter tidak standar dan meleyot yaitu permasalahan pada *valve forming* yang menyebabkan tekanan yang diberikan pada *sheet* kurang dari standar. Dari hasil diskusi dengan manajer produksi PT. PPA, rekomendasi perbaikan yang diusulkan sudah tepat untuk mengatasi permasalahan utama penyebab *defect* yaitu permasalahan pada *valve forming*. Karena permasalahan utama pada *forming* dipengaruhi oleh suhu atau tekanan yang diberikan kepada *sheet*. Sedangkan berdasarkan data historis dan keterangan manajer produksi maupun operator jarang terjadi permasalahan pada suhu *forming* sehingga permasalahan yang menyebabkan *defect* ada pada tekanan yang tidak sesuai standar.

Dari 3 rekomendasi perbaikan diusulkan selanjutnya dilakukan estimasi penurunan *defect* apabila rekomendasi perbaikan diterapkan. Terdapat 7 kombinasi alternatif penerapan rekomendasi untuk masing-masing *defect*.

1) Defect Diameter Tidak Standar

1. Apabila diterapkan rekomendasi 1, diestimasi penurunan *defect* sebesar 10%.
2. Apabila diterapkan rekomendasi 2, diestimasi penurunan *defect* sebesar 5%.
3. Apabila diterapkan rekomendasi 3, diestimasi penurunan *defect* sebesar 3%.
4. Apabila diterapkan rekomendasi 1 dan 2, diestimasi penurunan *defect* sebesar 15%.
5. Apabila diterapkan rekomendasi 1 dan 3, diestimasi penurunan *defect* sebesar 13%.
6. Apabila diterapkan rekomendasi 2 dan 3, diestimasi penurunan *defect* sebesar 8%.
7. Apabila diterapkan rekomendasi 1,2,dan 3, diestimasi penurunan *defect* sebesar 20%.

2) Defect Meleyot

1. Apabila diterapkan rekomendasi 1, diestimasi penurunan *defect* sebesar 5%.
2. Apabila diterapkan rekomendasi 2, diestimasi penurunan *defect* sebesar 5%.
3. Apabila diterapkan rekomendasi 3, diestimasi penurunan *defect* sebesar 3%.
4. Apabila diterapkan rekomendasi 1 dan 2, diestimasi penurunan *defect* sebesar 10%.
5. Apabila diterapkan rekomendasi 1 dan 3, diestimasi penurunan *defect* sebesar 8%.

8. Apabila diterapkan rekomendasi 2 dan 3, diestimasi penurunan *defect* sebesar 8%.

9. Apabila diterapkan rekomendasi 1,2,dan 3, diestimasi penurunan *defect* sebesar 15%.

V. KESIMPULAN

Dari hasil *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) didapatkan faktor penyebab *defect* berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi baik untuk *defect* diameter tidak standar maupun meleyot yaitu adanya permasalahan pada *valve forming* dan tidak ada pengecekan rutin komponen *valve forming* sehingga kegagalan baru terdeteksi setelah ada kerusakan.

Rekomendasi yang diberikan untuk meminimasi *defect* yang ada antara lain, melakukan pengecekan *valve forming* dan melakukan perbaikan maupun penggantian apabila diperlukan, melakukan pengecekan komponen dan pencatatan kondisi mesin secara periodik, dan meningkatkan kinerja karyawan melalui pelatihan maupun pemberian motivasi.

Terdapat 7 alternatif penerapan rekomendasi yaitu penerapan rekomendasi 1 saja, 2 saja, 3 saja, 1 dan 2, 1 dan 3, 2 dan 3, serta penerapan rekomendasi 1,2, dan 3. Perkiraan penurunan *defect* diameter tidak standar untuk setiap alternatif secara berurutan yaitu 10%, 5%, 3%, 15%, 13%, 8%, dan 20%. Sedangkan perkiraan penurunan *defect* meleyot untuk setiap alternatif secara berurutan yaitu 5%, 5%, 3%, 10%, 8%, 8%, dan 15%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Rafsanjani and M. L. Singgih, "Quality Control and Improvement for Process Printing of the Product Package Using Integration Of FMEA-TRIZ," in *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 2018.
- [2] H. Li and et al, "Assessing risk in chinese shale gas investments abroad: Modelling and policy recommendations'," *Sustainability*, vol. 8, no. 8, 2016.
- [3] J. Throne, "Understanding Thermoforming," *Underst. Thermoforming*, pp. 1-13, 2008.
- [4] R. Stanley, "Thermoforming: Improving Process Performance," Michigan, 2003.
- [5] S. Wignjosobroto, *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu*. Jakarta: Guna Widya, 1995.
- [6] T. McCoy, *Compensation and Motivation Maximizing Employee Performance with Behavior-Based Incentive Plans*. New York: Amacom, 1992.