

Reduksi Cacat pada Produk Kaca Lembaran dengan Metode *Six Sigma*

Milatul Afiah dan Moses Laksono Singgih

Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: moseslsinggih@ie.its.ac.id

Abstrak—Perusahaan Flat Glass (PFG) merupakan sebuah perusahaan yang memproduksi kaca lembaran dengan proses pengembangan (*floating process*). Perusahaan ini memiliki tiga jenis produk kaca lembaran (*indo clear*, panasap dan *stopsol*). Perusahaan Flat Glass (PFG) berupaya untuk menghasilkan produk bermutu tinggi. Dalam memenuhi permintaan, perusahaan ini memproduksi kaca lembaran di *line* produksi A1 dan *line* produksi A2. Namun, proses produksi tersebut masih menghasilkan produk *defect* yang tinggi. Perusahaan ini telah menetapkan *Key Performance Indicator* (KPI) mengenai tingkat kecacatan yaitu maksimal sebesar 4.48% dari jumlah produksi perusahaan. Akan tetapi, tingkat kecacatan masih melebihi target tersebut khususnya di *line* produksi A1. Jenis kaca *Light Green Flat Glass* (LNFL) merupakan produk yang dihasilkan dari *line* produksi A1 dengan tingkat kecacatan melebihi batas KPI. Setelah dilakukan perhitungan *sigma level*, didapatkan nilai hanya sebesar 3.63 *sigma*. Dari analisis *pareto chart* didapatkan tiga jenis *defect* kritis yaitu *cullet defect*, *chipping defect* dan *bubble defect*. Masing-masing jenis *defect* tersebut dicari akar permasalahannya menggunakan *Root Cause Analysis* (RCA) dan dicari akar permasalahan kritis menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Kemudian, dilakukan usulan-usulan perbaikan terhadap akar permasalahan kritis. Lalu, dilakukan penentuan target perbaikan serta membandingkan *sigma level* antara kondisi eksisting dan target perbaikan.

Kata Kunci—DMAIC, FMEA, RCA dan *Six Sigma*.

I. PENDAHULUAN

PERUSAHAAN Flat Glass (PFG) adalah sebuah perusahaan yang memproduksi kaca lembaran dengan proses pengembangan (*floating process*). Perusahaan ini memiliki dua buah tungku pembakaran dengan kapasitas produksi maksimal sebesar 300.000 ton per tahun. Terdapat beberapa jenis produk yang dihasilkan yaitu *clear*, *grey*, *dark grey*, *blue*, *dark blue*, *bronze*, *dark green*, *light green*, *european green*, *privacy dark grey*, *heat absorbent glass*, *privacy dark green* dan *stopsol* (*reflective glass*). Perusahaan ini berupaya untuk menghasilkan produk bermutu tinggi dan memenuhi Standar Internasional.

Dalam memenuhi permintaan yang datang baik dari pasar nasional maupun pasar internasional, perusahaan melakukan proses produksi untuk menghasilkan kaca lembaran. Proses produksi tersebut dimulai dari proses persiapan bahan baku, proses peleburan bahan baku, proses pembentukan kaca lembaran sampai dengan proses pengemasan kaca lembaran.

Proses produksi kaca lembaran tersebut masih menghasilkan produk cacat (*defect*). Persentase jumlah produk *defect* yang dihasilkan dari proses produksi tersebut masih tinggi. Padahal

perusahaan telah menetapkan *Key Performance Indicator* (KPI) mengenai tingkat kecacatan (*defect rate*) yaitu sebesar 4.48% dari jumlah produksi. Sehingga, diharapkan proses produksi tersebut menghasilkan produk cacat (*defect*) yang tidak melebihi batas KPI tersebut. Tabel 1 menunjukkan jumlah produk *defect* kaca lembaran pada bulan Januari sampai Maret 2017.

Tabel 1.

Jumlah Produk *Defect* Kaca Lembaran Januari - Maret 2017

<i>Line</i> Produksi	Bulan	Jumlah Produksi Kaca	Jumlah Produk <i>Defect</i>	<i>Defect Rate</i>
A1	Jan-17	180,123	9,186	5.10%
	Feb-17	185,209	9,131	4.93%
	Mar-17	239,279	14,811	6.19%
A2	Jan-17	277,978	11,230	4.04%
	Feb-17	240,722	8,449	3.51%
	Mar-17	231,271	4,255	1.84%

Sumber : Data Perusahaan

Berdasarkan Tabel 1, dapat dilihat bahwa setiap proses produksi yang dilakukan di *line* produksi A1 dan *line* produksi A2 selalu menghasilkan produk *defect*. Namun, produk *defect* yang dihasilkan di *line* produksi A1 memiliki persentase yang jauh lebih besar dibandingkan dengan *line* produksi A2.

Pada bulan Januari 2017, dihasilkan persentase produk *defect* sebanyak 5.10 % di *line* produksi A1 dari keseluruhan jumlah produk kaca lembaran sebanyak 180,123. Lalu, pada bulan Februari 2017, di *line* produksi A1 dihasilkan jumlah produk kaca lembaran yaitu sebesar 185,209 dengan persentase produk *defect* sebesar 4.93%. Kemudian, pada bulan Maret, dihasilkan persentase produk *defect* sebanyak 6.19% di *line* produksi A1 dari keseluruhan jumlah produk kaca lembaran sebanyak 239,279. Sedangkan di *line* produksi A2 dihasilkan persentase 4.04%, 3.51% dan 1.84% untuk bulan Januari sampai Maret 2017. Sehingga dapat dikatakan bahwa persentase produk *defect* di *line* produksi A1 lebih besar daripada persentase produk *defect* di *line* produksi A2.

Adapun jenis cacat (*defect*) yang terjadi pada produk kaca lembaran antara lain yaitu adanya gelembung udara yang terperangkap di dalam kaca, butiran kaca yang menempel di permukaan kaca dan batu yang terdapat di dalam kaca lembaran. Selain itu, jenis *defect* pada kaca lembaran yaitu adanya gumpil pada sudut kaca dan goresan pada permukaan kaca.

Beberapa produk *defect* tersebut dapat dikenakan proses pengerjaan ulang (*rework*). Namun, pada kenyataannya produk

cacat (*defect*) yang dihasilkan akan dipisahkan dan dijadikan sebagai bahan campuran untuk proses produksi selanjutnya. Tingginya jumlah produk cacat tentunya sangat merugikan perusahaan karena biaya proses produksi kaca lembaran tersebut akan sia-sia. Dengan demikian, perlu adanya perbaikan pada proses produksi untuk menurunkan jumlah cacat yang ada pada *line* produksi A1 di perusahaan tersebut.

Perusahaan ini telah berupaya menjaga kualitas kaca lembaran. Hal itu ditunjukkan dengan adanya penggunaan *control chart* telah diterapkan untuk mengontrol proses produksi kaca lembaran. Namun, perusahaan ini belum menerapkan *Six Sigma* di dalam proses produksi.

Six Sigma merupakan suatu metode yang digunakan dalam pengendalian kualitas. Menurut Yang & El Haik, *Six Sigma* adalah metodologi yang dapat digunakan oleh perusahaan untuk meningkatkan kapabilitas proses bisnisnya [7]. Tujuan utama dari penerapan metode *Six Sigma* yaitu mengurangi variasi yang besar pada proses produksi. Metode *Six Sigma* mampu memberikan dampak positif dalam mereduksi jumlah *defect* kaca lembaran. *Tools* yang digunakan dalam upaya mereduksi *defect* adalah *Define, Measure, Analyze, Improvement, Control* (DMAIC *Six Sigma*), *Supplier Input Process Output Customer* (SIPOC), *Pareto Chart, Root Cause Analysis* (RCA), dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA).

II. METODE PENELITIAN

A. Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data

1. Define

Pada tahap *define* dilakukan penelitian terhadap kondisi eksisting perusahaan dengan cara observasi secara langsung ke perusahaan untuk mengetahui proses produksi, pencapaian serta performansi proses di perusahaan tersebut. Kemudian, dilakukan penggambaran aktivitas-aktivitas produksi menggunakan bagan SIPOC untuk mengidentifikasi semua elemen yang relevan dalam proses perbaikan. Lalu, dilakukan identifikasi jenis cacat pada produk kaca lembaran.

2. Measure

Pada tahap *measure* dilakukan perhitungan nilai performansi awal (DPMO, Nilai *Sigma*). Selain itu, dilakukan identifikasi jenis cacat yang sering terjadi menggunakan *pareto chart*.

B. Tahap Analisis dan Interpretasi Data

1. Analyze

Pada tahap *analyze*, dilakukan analisis terhadap cacat yang sering terjadi pada produk. Analisis tersebut berkaitan dengan penyebab munculnya cacat serta dampak yang ditimbulkan terhadap kualitas produk. Kemudian, mencari akar permasalahan menggunakan *Root Cause Analysis* (RCA) dari setiap jenis cacat yang sering muncul. Lalu, didapatkan akar permasalahan kritis menggunakan FMEA.

2. Improve

Pada tahap *improve*, dilakukan pembuatan alternatif-alternatif perbaikan yang sesuai dengan akar permasalahan kritis dari tiap jenis *defect*. Diharapkan usulan terbaik tersebut dapat menjadi masukan untuk perusahaan dalam melakukan

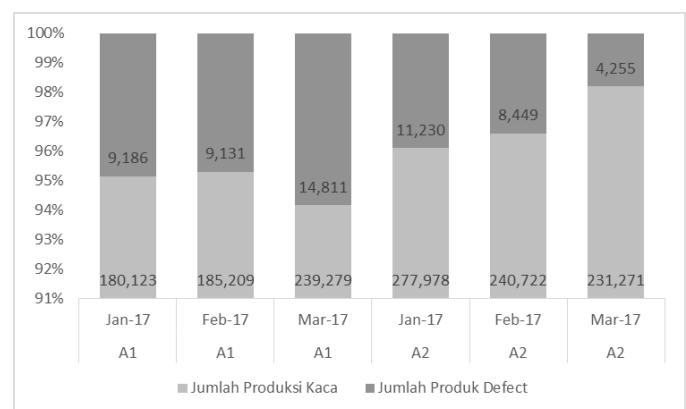
peningkatan performansi perusahaan. Lalu, dilakukan penerapan target perbaikan dari alternatif yang telah diusulkan. Nantinya akan dilakukan perbandingan nilai *sigma* dari target perbaikan dan kondisi eksisting.

III. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

A. Define

1. Identifikasi Produk Amatan

PFG menghasilkan produk kaca lembaran di *line* produksi A1 dan A2. Jenis kaca yang digunakan sebagai objek amatan adalah produk kaca lembaran yang diproduksi di *line* produksi A1 (LNFL). Alasan pemilihan objek amatan tersebut karena pada *line* produksi A1 menghasilkan persentase jumlah *defect* yang lebih tinggi dibandingkan *line* produksi A2. Misalnya, pada bulan Januari - Maret 2017 dihasilkan persentase jumlah produk *defect* yang jauh lebih besar pada *line* produksi A1. Gambar 1 menunjukkan grafik jumlah produk *defect* kaca lembaran pada bulan Januari 2017 sampai Maret 2017.



Gambar 1. Grafik Jumlah Produk *Defect* Kaca Lembaran Januari-Maret 2017.

Berdasarkan Gambar 1, dapat dilihat bahwa setiap proses produksi yang dilakukan di *line* produksi A1 dan *line* produksi A2 selalu menghasilkan produk *defect*. Namun, produk *defect* yang dihasilkan di *line* produksi A1 memiliki persentase yang jauh lebih besar dibandingkan produk *defect* yang dihasilkan di *line* produksi A2.

Line produksi A1 pada bulan Januari, Februari dan Maret 2017 dihasilkan persentase produk *defect* sebanyak 5.10%, 4.93% dan 6.19%. Sedangkan di *line* produksi A2 dihasilkan persentase produk *defect* 4.04%, 3.51% dan 1.84% untuk bulan Januari-Maret 2017. Sehingga dapat dikatakan bahwa persentase produk *defect* di *line* produksi A1 lebih besar daripada persentase produk *defect* di *line* produksi A2.

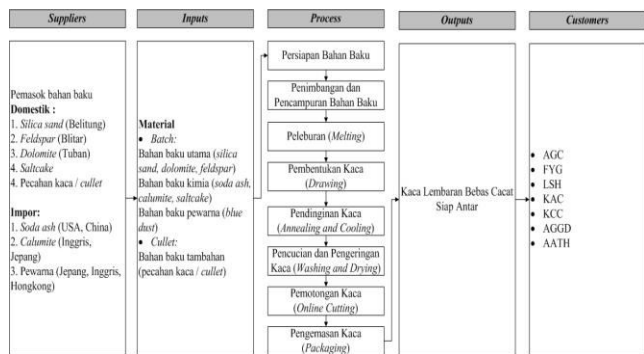
Produk kaca lembaran pada *line* produksi A1 tersebut memiliki *Key Performance Indicator* (KPI) mengenai tingkat kecacatan (*defect rate*) yaitu sebesar 4.48% dari jumlah produksi. Akan tetapi pada hasil proses produksi tersebut masih sering melewati batas KPI yang telah ditetapkan. Oleh karena itu, perlu dilakukan perbaikan pada *line* produksi A1.

2. Penggambaran SIPOC

Menurut Pyzdek & Keller, SIPOC merupakan suatu metode yang digunakan dalam manajemen dan peningkatan proses [1]. SIPOC digunakan untuk menggambarkan aktivitas-aktivitas

proses produksi pada *line* produksi A1. Aktivitas-aktivitas proses produksi perlu digambarkan untuk mengetahui keterkaitan antara satu proses ke proses lainnya. Selain itu, dapat diketahui jenis *defect* yang dihasilkan dari proses-proses yang ada.

Dilakukan identifikasi dari kelima elemen SIPOC yang didapatkan dari hasil wawancara dengan *expert* di divisi produksi. Berikut merupakan bagan SIPOC pada proses produksi kaca lembaran di *line* produksi A1 untuk produk kaca LNFL.



Gambar 2. Bagan SIPOC pada Seluruh Proses Produksi Kaca Lembaran.

B. Measure

1. Identifikasi Critical to Quality (CTQ) pada Kaca Lembaran

Setelah dilakukan identifikasi *defect* yang berpengaruh terhadap kualitas produk maka dilakukan identifikasi CTQ pada kaca lembaran. Tabel 2 menunjukkan jumlah *defect* produk kaca lembaran berdasarkan CTQ potensial.

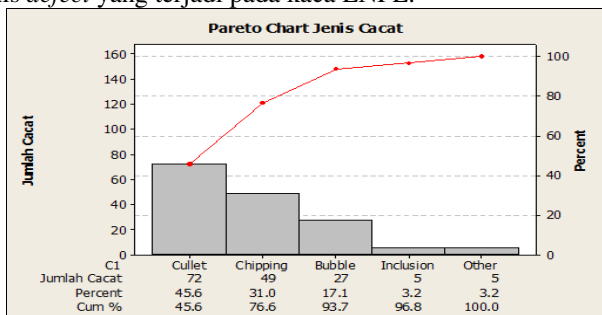
Tabel 2.

Jumlah *defect* produk LNFL berdasarkan CTQ potensial

No	Jenis <i>Defect</i>	Jumlah <i>Defect</i>
1	Bubble	27
2	Cullet	72
3	Inclusion	5
4	Chipping	49
5	Scratch	5
Total		158

Sumber: Data Perusahaan

Selanjutnya, dari data-data tersebut diolah menggunakan *pareto chart* agar didapatkan persentase kontribusi tiap jenis *defect* terhadap keseluruhan jenis *defect* yang ada pada sistem produksi kaca lembaran. Gambar 3 menunjukkan *pareto chart* jenis *defect* yang terjadi pada kaca LNFL.



Gambar 3. *Pareto Chart* Jenis *Defect* yang Terjadi Pada Kaca LNFL.

Berdasarkan prinsip *pareto chart* maka *defect* yang akan dilakukan perbaikan adalah *defect* yang mempengaruhi sekitar 80.0% dari keseluruhan *defect* yang ada. Sehingga berdasarkan Gambar 3, jenis-jenis *defect* yang perlu diperbaiki yaitu *cullet defect* mempengaruhi sebesar 45.6%, *chipping defect* mempengaruhi 31.0% dan *bubble defect* mempengaruhi 17.1% dari total *defect* proses produksi kaca LNFL.

2. Pengukuran Kapabilitas Proses Awal Produksi Kaca Lembaran (Nilai Sigma dan DPMO)

Kapabilitas proses merupakan kemampuan suatu proses untuk menghasilkan suatu produk yang sesuai dengan spesifikasi dari konsumen. Kinerja dari proses produksi kaca lembaran dapat diketahui jika nilai *sigma* diketahui. Selain itu, nilai *sigma* dapat digunakan sebagai acuan untuk dilakukannya perbaikan (*improvement*) pada sistem.

Menurut Montgomery, *Defects per Million Opportunities* (DPMO) adalah sejumlah peluang terjadinya cacat dari sejuta kesempatan yang ada [2]. Rumus untuk menghitung nilai DPMO sebagai berikut.

$$\text{Tingkat Cacat} = \frac{\text{Jumlah Produk Cacat}}{\text{Jumlah produksi}} \quad (1)$$

$$\text{DPO} = \frac{\text{Tingkat Cacat}}{\text{Banyak CTQ}} \quad (2)$$

$$\text{DPMO} = \text{DPO} \times 1,000,000 \quad (3)$$

Tabel 3 menunjukkan jumlah produksi dan jumlah *defect* yang akan dihitung nilai *sigma* dan DPMO.

Tabel 3. Jumlah Produksi dan Jumlah *Defect* Kaca LNFL

No	Data yang Diperlukan	Keterangan
1	Jumlah produksi	185,209
2	Jumlah produk <i>defect</i>	9,131
3	Banyaknya CTQ potensial yang dapat menyebabkan <i>defect</i>	3

Berikut merupakan perhitungan nilai DPMO dan nilai *sigma*.

$$\text{Tingkat Cacat} = \frac{9,131}{185,209} = 0.0493$$

$$\text{DPO} = \frac{0.0493}{3} = 0.016434$$

$$\text{DPMO} = 0.016434 \times 1,000,000 = 16,434$$

Dari perhitungan yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa nilai DPMO dari proses produksi kaca lembaran adalah sebesar 16,434. Dengan demikian, nilai *sigma* dihitung menggunakan kalkulator *sigma* dengan memasukkan nilai DPMO [3]. Sehingga dihasilkan nilai *sigma* sebesar 3.63 dengan CTQ sebanyak tiga jenis.

Menurut perusahaan, nilai *sigma* tersebut masih cukup rendah. Sehingga, perlu adanya perbaikan dengan cara mengurangi jumlah *defect* pada produk kaca lembaran.

IV. ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA

A. Analyze

1. Analisis terhadap Defect Kritis pada Kaca LNFL

Berdasarkan penentuan defect kritis maka didapatkan tiga jenis defect yang menjadi Critical to Quality dari produk kaca LNFL yaitu *cullet defect*, *chipping defect* dan *bubble defect*.

Cullet Defect adalah jenis defect berupa butiran kaca yang menempel di permukaan kaca. Defect ini dapat terjadi karena tekanan yang diberikan pada proses pemotongan kaca yang tidak sempurna sehingga menghasilkan butiran kaca terlepas dan menempel dipermukaan kaca. Selain itu, penggunaan cutter yang kurang tajam dapat menimbulkan butiran kaca yang menempel pada permukaan kaca. Jenis defect ini sering terjadi di seksi pemotongan kaca. Jenis defect ini termasuk ke dalam defect kritis karena frekuensi munculnya lebih tinggi daripada jenis defect lainnya.

Chipping Defect adalah jenis defect berupa gumpil pada sudut kaca. Defect ini dapat terjadi saat proses pemotongan kaca yang kurang sempurna. Jenis defect ini merupakan defect kritis karena frekuensi kemunculan yang tinggi.

Bubble Defect adalah jenis defect berupa gelembung yang terperangkap di dalam kaca. Defect ini dapat terjadi karena berbagai faktor. Salah satunya yaitu temperatur yang rendah pada proses peleburan (*melting*) sehingga gelembung tidak dapat keluar dari *molten glass*. Jenis defect ini terjadi pada proses peleburan (*melting process*). Namun, kesalahan pada proses sebelumnya yaitu proses penimbangan dapat mengakibatkan kemunculan *bubble defect*. Jenis defect ini termasuk defect kritis karena berpengaruh besar terhadap kualitas kaca lembaran.

2. Root Cause Analysis (RCA)

Menurut Mann, *Root Cause Analysis (RCA)* merupakan sebuah *basic tools* yang fokus mengeliminasi penyebab dari permasalahan [4]. Salah satu tools RCA adalah 5 why.

Pada penelitian ini RCA dilakukan untuk *cullet defect*, *chipping defect* dan *bubble defect*. Analisis menggunakan RCA dilakukan dengan cara diskusi dengan salah satu expert (*Assistant Section Chief*) di divisi produksi yang memiliki pengetahuan yang mendalam terkait proses pembuatan kaca.

Dalam menentukan akar permasalahan dari jenis defect tersebut, maka akan digunakan akar permasalahan dari why yang paling akhir. Tabel 4, Tabel 5 dan Tabel 6 menunjukkan akar permasalahan dari tiga jenis defect tersebut.

Tabel 4.
RCA Cullet Defect

Permasalahan	Akar Masalah	Keterangan
Proses pemotongan (<i>cutting</i>) kurang sempurna	Kurangnya pengetahuan operator terkait <i>setting</i> mesin <i>cutting</i>	Why 4
	Perkiraan usia pakai cutter pada mesin <i>cutting</i> kurang tepat	Why 4

Tabel 5.
RCA Chipping Defect

Permasalahan	Akar Masalah	Keterangan
--------------	--------------	------------

Proses pemotongan (<i>cutting</i>) kurang sempurna	Kurangnya pengetahuan operator terkait <i>setting</i> mesin <i>cutting</i>	Why 4
--	--	-------

Tabel 6.
RCA Bubble Defect

Permasalahan	Akar Masalah	Keterangan
Temperatur peleburan terlalu rendah (kurang dari 1400°C)	Alat pengukur temperatur sudah mencapai <i>life time</i>	Why 3
	Kurangnya penjadwalan kalibrasi alat ukur	Why 3
	Kurangnya kontrol pada proses produksi sebelumnya	Why 4
	Kurangnya kontrol terkait jumlah 2nd <i>air ratio</i> yang diperlukan	Why 4
Flow bubbler terlalu cepat (lebih dari 7-12 liter/menit)	Kurangnya pengetahuan operator atau <i>engineer</i> terkait penggunaan jenis <i>tip burner</i> yang sesuai dengan <i>flow</i>	Why 4
	Kurangnya pengetahuan operator atau <i>engineer</i> terkait pengaturan <i>gate blanket feeder</i>	Why 4
	Minimnya referensi <i>operation</i> terkait pengaturan <i>gate blanket feeder</i> yang tepat	Why 4
Kekurangan SO ₂ yang membantu pelepasan gelembung udara (0.18% dari total produksi)	Kesalahan dalam <i>setting</i> formula <i>batch</i>	Why 3
Batu tahan api yang memiliki kerapatan rendah	Kurangnya pengetahuan akan spesifikasi batu <i>furnace</i>	Why 2
	Kebijakan perusahaan dalam melakukan <i>cost saving</i>	Why 2
Pemakaian <i>cullet</i> yang berlebih (lebih dari 64% dari total produksi)	Kurangnya ketelitian operator dalam penimbangan dan input data pemakaian <i>cullet</i>	Why 4
Kurangnya pemberian waktu tinggal di tungku (<i>pull konversi</i> lebih dari 510 T/D)	Kurangnya pengetahuan operator terkait <i>setting</i> mesin <i>drawing</i>	Why 5
Kelebihan penggunaan <i>saltcake</i> (lebih dari 28 Kg/mix)	Kesalahan perhitungan jumlah kebutuhan <i>saltcake</i>	Why 2
Adanya benda asing seperti NiS dan Si yang masuk ke dalam <i>molten glass</i>	Pengawasan yang kurang ketat terkait kondisi operasi dan peralatan	Why 2

3. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA merupakan sebuah metode yang sangat penting untuk mengeliminasi *potential failures* [7]. Menurut Singgih, FMEA digunakan untuk mendapatkan akar permasalahan kritis yang diperoleh dengan cara mengurutkan nilai *Risk Priority Number (RPN)* dari tiap jenis defect [5]. Nilai RPN tersebut dihasilkan dari perkalian antara tingkat keparahan akar masalah (*severity*), frekuensi akar permasalahan (*occurance*) dan kesulitan untuk melakukan deteksi terhadap gejala defect yang ditimbulkan dari akar permasalahan (*detection*) [6].

Penilaian *severity (S)*, *occurance (O)* dan *detection (D)* didasarkan pada *brainstorming* yang dilakukan dengan tujuh orang expert di bagian produksi melalui kuesioner FMEA.

Tujuh orang *expert* di bagian produksi tersebut adalah beberapa orang *Section Chief* dan beberapa orang *Assistant Section Chief*. *Expert-expert* tersebut memiliki pengetahuan lebih terkait proses produksi kaca lembaran di perusahaan tersebut.

Kriteria dalam penilaian SOD tersebut mengacu pada definisi skala SOD menurut *The Basic of FMEA* oleh McDermott yang telah disesuaikan dengan kondisi perusahaan. Tabel 7, Tabel 8 dan Tabel 9 menunjukkan rekap nilai RPN dari masing-masing jenis *defect* pada kaca lembaran LNFL.

Tabel 7.
RPN *Cullet Defect*

Akar Permasalahan	S	O	D	RPN
Kurangnya pengetahuan operator terkait <i>setting</i> mesin <i>cutting</i>	6	4	4	96
Perkiraan usia pakai <i>cutter</i> pada mesin <i>cutting</i> kurang tepat	5	3	4	60

Tabel 8.
RPN *Chipping Defect*

Akar Permasalahan	S	O	D	RPN
Kurangnya pengetahuan operator terkait <i>setting</i> mesin <i>cutting</i>	5	3	3	45

Tabel 9.
RPN *Bubble Defect*

Akar Permasalahan	S	O	D	RPN
Alat pengukur temperatur sudah mencapai <i>life time</i>	4	2	3	24
Kurangnya penjadwalan kalibrasi alat ukur	5	2	3	30
Kurangnya kontrol pada proses produksi sebelumnya	4	3	4	48
Kurangnya kontrol terkait jumlah 2nd <i>air ratio</i> yang diperlukan	6	3	2	36
Kurangnya pengetahuan operator atau <i>engineer</i> terkait penggunaan jenis <i>tip burner</i> yang sesuai dengan <i>flow</i>	5	4	3	60
Kurangnya pengetahuan operator atau <i>engineer</i> terkait pengaturan <i>gate blanket feeder</i>	4	4	3	48
Minimnya referensi <i>operation</i> terkait pengaturan <i>gate blanket feeder</i> yang tepat	4	3	4	48
Kesalahan dalam <i>setting</i> formula <i>batch</i>	6	3	3	54
Kurangnya pengetahuan akan spesifikasi batu <i>furnace</i>	4	3	5	60
Kebijakan perusahaan dalam melakukan <i>cost saving</i>	4	3	3	36
Kurangnya ketelitian operator dalam penimbangan dan input data pemakaian <i>cullet</i>	6	3	3	54
Kurangnya pengetahuan operator terkait <i>setting</i> mesin <i>drawing</i>	5	3	4	60
Kesalahan perhitungan jumlah kebutuhan <i>saltcake</i>	6	3	3	54
Pengawasan yang kurang ketat terkait kondisi operasi dan peralatan	7	3	4	84

B. Improve

1. Usulan alternatif terhadap akar permasalahan dengan RPN tertinggi

Selanjutnya, ditentukan usulan alternatif solusi dari tiap jenis *defect*. Alternatif solusi tersebut akan dijadikan sebagai

masuk ke perusahaan untuk mengatasi permasalahan terkait *defect* di *line* produksi A1.

Tabel 10 menunjukkan alternatif solusi dari tiap jenis *defect* pada kaca lembaran LNFL.

Tabel 10.
Alternatif Solusi dari Tiap Jenis *Defect*

Jenis <i>Defect</i>	Akar Permasalahan dengan RPN Tertinggi	Alternatif Solusi
<i>Cullet Defect</i>	Kurangnya pengetahuan operator terkait <i>setting</i> mesin <i>cutting</i>	Selektif dalam merekrut operator mesin <i>cutting</i> dan pemberian <i>training</i> secara berkala
<i>Chipping Defect</i>	Kurangnya pengetahuan operator terkait <i>setting</i> mesin <i>cutting</i>	Selektif dalam merekrut operator mesin <i>cutting</i> dan pemberian <i>training</i> secara berkala
<i>Bubble Defect</i>	Pengawasan yang kurang ketat terkait kondisi operasi dan peralatan	Pelaksanaan patrol mingguan, sosialisasi ulang dan pembuatan poster terkait barang-barang non besi, serta pemberian warna pada barang-barang non besi

2. Target Perbaikan

Setelah dilakukan usulan alternatif solusi maka akan ditetapkan target perbaikan. Target perbaikan didapatkan dari hasil diskusi dengan salah satu *expert* di divisi produksi. Perusahaan menetapkan target perbaikan untuk penurunan jumlah *defect* yaitu *cullet defect* sebesar 50%, *chipping defect* sebesar 50% dan *bubble defect* sebesar 40%. Hal tersebut telah mempertimbangkan *resources* yang dimiliki perusahaan. Tabel 11 merupakan target perbaikan pada proses produksi kaca lembaran LNFL di *line* produksi A1.

Tabel 11.
Target Perbaikan Performansi

Jenis Cacat	Kontribusi terhadap Total <i>Defect</i>	Target Perbaikan	Target Pengurangan Jumlah <i>Defect</i>
<i>Cullet Defect</i>	45.6%	50%	22.8%
<i>Chipping Defect</i>	31.0%	50%	15.5%
<i>Bubble Defect</i>	17.0%	40%	6.8%
Total Target Pengurangan Jumlah <i>Defect</i>			45.1%

Berdasarkan Tabel 11, didapatkan total target pengurangan jumlah *defect* yaitu sebesar 45.1%. Sehingga dari jumlah produksi 185,209 dengan jumlah *defect* eksisting sebanyak 9,131, didapatkan target perbaikan jumlah *defect* sebesar 5,013.

Selanjutnya akan dilakukan perhitungan target perbaikan *sigma level* dan target perbaikan DPMO. Tabel 12 menunjukkan data yang akan digunakan untuk menghitung target perbaikan nilai *sigma* dan target perbaikan DPMO.

Tabel 12.

Jumlah Produksi dan Target Perbaikan Jumlah <i>Defect</i> Kaca LNFL		
No	Data yang Diperlukan	Keterangan
1	Jumlah produksi	185,209

2	Target perbaikan jumlah produk <i>defect</i>	5,013
3	Banyaknya CTQ potensial yang dapat menyebabkan <i>defect</i>	3

Target perbaikan nilai DPMO didapatkan dari perhitungan menggunakan rumus yang sama dengan perhitungan nilai DPMO awal. Berikut merupakan perhitungan target perbaikan nilai DPMO.

$$\begin{aligned} \text{Tingkat Cacat} &= \frac{5,013}{185,209} \\ &= 0,027 \\ \text{DPO} &= \frac{0,027}{3} \\ &= 0,009022 \\ \text{DPMO} &= 0,009022 \times 1,000,000 \\ &= 9,022 \end{aligned}$$

Didapatkan target perbaikan nilai DPMO sebesar 9,022. Lalu, target perbaikan nilai *sigma* didapatkan dari perhitungan menggunakan kalkulator *sigma* dengan input nilai DPMO, sehingga didapatkan nilai sebesar 3.86 *sigma*. Sedangkan kondisi eksisting memiliki nilai DPMO sebesar 16,434 dan nilai *sigma* sebesar 3.63 *sigma*. Jadi, diharapkan akan terjadi peningkatan nilai *sigma* sebesar 0.23 *sigma*.

V. KESIMPULAN

Berikut merupakan kesimpulan yang bisa diambil dari penelitian ini:

- Berdasarkan hasil dari *Critical to Quality*, didapatkan tiga jenis *defect* kaca lembaran LNFL yaitu *cullet defect* dengan persentase 45.6%, *chipping defect* dengan persentase 31.0%, dan *bubble defect* dengan persentase 17.0%.
- Berdasarkan *Root Cause Analysis* (RCA), diketahui akar permasalahan dari masing-masing jenis *defect*. Dari akar permasalahan yang ada, dianalisis untuk mendapatkan akar permasalahan kritis dari tiap jenis *defect* dengan metode FMEA. Berikut merupakan akar permasalahan kritis dari tiap jenis *defect*.
 - Cullet defect* : Kurangnya pengetahuan operator terkait *setting* mesin *cutting*
 - Chipping defect* : Kurangnya pengetahuan operator terkait *setting* mesin *cutting*
 - Bubble defect* : Pengawasan yang kurang ketat terkait kondisi operasi dan peralatan
- Alternatif solusi diberikan pada setiap akar permasalahan kritis.
 - Cullet defect*: Selektif dalam merekrut operator mesin *cutting* dan pemberian *training* secara berkala
 - Chipping defect*: Selektif dalam merekrut operator mesin *cutting* dan pemberian *training* secara berkala
 - Bubble defect*: Pelaksanaan patrol mingguan, sosialisasi ulang dan pembuatan poster terkait barang-barang non besi, serta pemberian warna pada barang-barang non besi

Penentuan target perbaikan didapatkan dari salah satu *expert* di divisi produksi sehingga didapatkan perbandingan antara nilai DPMO dan *sigma level* eksisting dengan target perbaikan sebagai berikut.

- Kondisi Eksisting
 - Nilai DPMO sebesar 16,434
 - Sigma level* sebesar 3.63 *sigma*
- Kondisi Target Perbaikan
 - Nilai DPMO sebesar 9,022
 - Sigma level* sebesar 3.86 *sigma*

Jadi, diharapkan terjadi peningkatan sebesar 0.23 *sigma*.

DAFTAR PUSTAKA

- P. Keller and T. Pzydek, *The Six Sigma Handbook*, 4th ed. McGraw-Hill Professional Publishing, 2010.
- D. C. Montgomery, *Introduction to Statistical Quality Control*, 7th ed. John Wiley and Sons, Inc, 2012.
- isixsigma, "Kalkulator Six Sigma," 2017. [Online]. Available: <http://www.isixsigma.com>.
- D. Mann, *Creating a Lean Culture*. USA: CRC Press, 2010.
- M. L. Singgih and Irmia, "Pengukuran dan Peningkatan Pelayanan Perbaikan Gangguan Telepon pada PT X dengan Pendekatan Six Sigma," 2007.
- R. E. McDermott, R. J. Mikulak, and M. R. Beauregard, "The Basics of FMEA," 2009.