

Analisa Penurunan *Defect Part Plastic* Pada *Micro Injeksi Molding* 3 Ton Dengan Metode DMAIC & FMEA Pada Perusahaan Elektronik Printer

Aulia Rachman S.P.

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana Jl. Raya Kranggan No.6,
Jatiranggon Kec. Jatisampurna, Kota Bekasi

Email korespondensi: auliarachmansp@gmail.com

Abstrak

Perkembangan industri yang pesat mendorong persaingan yang semakin ketat di pasar bisnis. Hal ini menimbulkan tingkat kompetitif yang semakin tinggi dalam pengendalian kualitas produk agar dapat terus bersaing. Tak terkecuali pada Perusahaan Elektronik Printer, yang bergerak dalam manufaktur produk elektronik berupa printer. Produk yang terdiri dari berbagai komponen / part, termasuk komponen plastik hasil injeksi molding. Maka perlu dipastikan kualitas part produk dengan kepresisian tinggi tersebut dalam keadaan baik. Pada penelitian ini mengambil fokus pada penanganan part product defect dari produksi micro injeksi mold 3 Ton dengan metode DMAIC. Metode pendekatan DMAIC ini terdiri dari 5 fase yaitu Define, Measure, Analyze, Improve, Control. Tindakan perbaikan untuk mengurangi defect dilakukan dengan menentukan nilai RPN (Risk Priority Number) dari FMEA (Failure Mode Effect Analysis). Dari hasil pengumpulan data yang dilakukan pada periode Oktober hingga Desember 2019 terhadap injeksi mold 5 part produk, diperoleh data defect sebanyak 29.041 pcs dari total 223.470 pcs. Dimana defect jenis flash menjadi jenis terbanyak dengan persentase 8,34%, diikuti jenis short-mold sebanyak 2,59%. Berdasarkan analisa improvement, penyebab flash diketahui akibat kondisi mold tidak close sempurna karena miss-matching & fitting, dengan nilai RPN sebesar 224. Sedangkan defect short-mold, disebabkan kesalahan setting parameter mesin dengan RPN 186.

Kata Kunci: Six sigma, DMAIC, *Fishbone*, FMEA, RPN, *Injection molding*

Abstract

The rapid development of the industry, encourages tighter competition in the business market. Resulting in higher levels of competitiveness by controlling product quality in order to compete. Electronic Printer Company has no exception, which is engaged in manufacturing products of printers. Product consisting of various components, including plastic parts of injection molding. So it is necessary to ensure the quality of the high-precision product parts is in good condition. This research focuses on handling defect parts from production of 3 Ton micro injection using DMAIC method. Consists of 5 phases, which are Define, Measure, Analyze, Improve, Control. Corrective action to reduce defects is carried out by determining the RPN (Risk Priority Number) value from FMEA (Failure Mode Effect Analysis). Results of data collection conducted from October until December 2019, defects were obtained as many as 29.041 pcs of a total of 223.470 pcs. Where flash defect became the largest type with 8,34%, followed by short-mold with 2,59%. Based on the analysis, cause of flash defect was found to be the imperfect mold condition due to miss-matching & fitting, with an RPN value of 224. And for defect short-mold, it was caused by an error setting engine parameters with RPN 186.

Keywords: Six Sigma, DMAIC, *Fishbone*, FMEA, RPN, *Injection molding*

1. Pendahuluan

Pesatnya perkembangan industri membuat persaingan pasar pun semakin ketat. Tentunya hal ini menuntut perusahaan untuk dapat menghasilkan produk yang dapat bersaing dengan memiliki keunggulan yang kompetitif, salah satunya kualitas produk yang baik. Maka daripada itu, *continuous improvement* meningkatkan kualitas produk. Hal ini dapat dicapai melalui perbaikan system produksi produksi untuk menghasilkan produk berkualitas demi memperoleh tingkatan mendekati *zero defect*. *Defect* sendiri dapat

diartikan sebagai pemborosan (*waste*) pada produksi di perusahaan. Jumlah *defect* yang tinggi menimbulkan kerugian bagi perusahaan. Tak terkecuali bagi perusahaan berbahan dasar *plastic* dimana jumlah *defect part product* yang seringkali dijumpai. Proses *injection molding* menjadi penting untuk diperhatikan demi mengurangi jumlah *defect part product plastic*.

Setiap industri mengharapkan produk yang dibuat memiliki tingkat produksi yang tinggi, efisien, dan tingkat kualitas yang baik sehingga meminimalisir jumlah *defect* yang dihasilkan. Pada perusahaan dengan produk berbahan utama plastik, contohnya Perusahaan Elektronik Printer, proses *injection molding* menjadi hal sangat diperhatikan. Semakin rumit komponen maka semakin tinggi tingkat ketelitian yang dibutuhkan dalam merancang suatu *molding*. Tingkat kepresisian tinggi pada tahap perancangan atau *design molding* ditentukan dari bentuk, dimensi, material, dan fungsi *part product*.

Penggunaan mesin injeksi tonnage kecil mengurangi daya yang dibutuhkan untuk pengoperasian mesin. *Molding* yang digunakan dengan ukuran relatif lebih kecil juga akan mengurangi *waste* (pemborosan). Pada Perusahaan Elektronik Printer, hal ini diterapkan pada pengaplikasian *micro injection machine* yaitu mesin injeksi 3 Ton. Proses injeksi pada Mesin 3 Ton memiliki keterbatasan. Standarisasi khusus pada spesifikasi *molding* dan mesin, membuat kapasitas proses injeksi terbatas pula. Waktu *running injeksi*, *setting mesin* maupun perawatan telah terjadwal sehingga pemanfaatan mesin dapat semaksimal mungkin. Hal ini membuat hasil *product defect* sangat berpengaruh pada tingkat keefektifitas mesin.

Setiap harinya Perusahaan Elektronik Printer dapat melakukan *running injection* untuk *mass production* pada 5 mesin injeksi 3 Ton. Berdasarkan *mass produksi* yang dilakukan pada periode Oktober 2019 hingga Desember 2019, diperoleh jumlah *defect* tinggi dengan nilai *rate* diatas target perusahaan. Ditemukan *defect rate product* berkisar antara 9,8% hingga 17,75%, yaitu dengan jumlah 29.041 pcs dari total 223.470 pcs. Nilai tersebut jauh dari target yang ditentukan perusahaan yaitu 2% *rate defect*.

Jumlah *defect* yang tinggi tentunya berdampak pada proses produksi. Selain itu kerugian yang dialami baik dari pemborosan material maupun biaya produksi, karena dibutuhkan waktu lebih untuk proses *repair mold* sebelum pemakaian *part product*. Maka daripada itu, perlu dilakukan analisis terhadap faktor-faktor penyebab terjadinya kegagalan proses *injection* dengan tujuan dapat menurunkan tingkat *defect part product*.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengurangi *defect* yaitu penerapan pendekatan DMAIC. Penelitian ini akan mengadaptasi metode DMAIC sebagai kerangka berpikir dan FMEA sebagai pendekatan perbaikan. Diharapkan melalui penelitian ini dapat memberikan solusi untuk mengatasi jumlah *defect* pada produksi *Injection Mold 3 Ton*.

2. Metode

Kualitas

Pada dasarnya konsep dari kualitas sering dianggap sebagai kesesuaian, keseluruhan ciri- ciri atau karakteristik suatu produk yang diharapkan oleh konsumen. Menurut *American Society For Quality* kualitas adalah keseluruhan corak dan karakteristik dari produk atau jasa yang berkemampuan untuk memenuhi kebutuhan yang tampak jelas maupun yang tersembunyi.

Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas adalah suatu teknik dan aktivitas/ tindakan yang terencana yang dilakukan untuk mencapai, mempertahankan dan meningkatkan kualitas suatu produk dan jasa agar sesuai dengan standar yang telah ditetapkan dan dapat memenuhi kepuasan konsumen.

DMAIC

Adapun fase-fase dari DMAIC adalah sebagai berikut (Satish, K. 2014):

Define

Suara pelanggan (*Voice of Customer*) yang selanjutnya ditransformasi menjadi karakteristik yang penting terhadap kualitas, ruang lingkup proyek, prioritas sebab akibat dan perencanaan proyek. Pendefinisian kebutuhan pelanggan dalam proyek berdasarkan kriteria pemilihan proyek. Digunakan alat bantu

histogram, diagram SIPOC, dan diagram Pareto.

Measure

terdapat 3 hal pokok yang dilakukan yaitu:

- a. Menentukan karakteristik kualitas kunci
CTQ (*Critical To Quality*) atau karakteristik kualitas sama dengan jumlah kesempatan penyebab cacat (*opportunities to failure*).
- b. Perhitungan DPMO
Tingkat DPMO (*Defects Per Millions Opportunities*) Ukuran hasil *baseline* kinerja yang digunakan dalam *Six Sigma*. (Gaspersz, 2002). DPMO digunakan untuk merubah DPO menjadi sejuta unit karena *Six Sigma* umumnya menggunakan Part Per Million (PPM). $DPMO = DPO \times 1.000.000(1)$.
- c. Mengembangkan rencana pengumpulan data
Dilakukan pada tiga tingkat, yaitu rencana pengukuran tingkat proses (mengidentifikasi setiap perilaku yang mengatur setiap langkah proses), pengukuran tingkat *output* dihasilkan suatu proses dibandingkan dengan dan rencana pengukuran tingkat outcome, mengukur bagaimana baiknya suatu produk atau jasa memenuhi kebutuhan pelanggan.

Analyze

Dilakukan untuk mencari akar penyebab masalah dan kemungkinan perbaikan yang akan diambil. Tahap ini dilakukan dengan memilih alat analisa, menerapkan alat analisa untuk menghasilkan indicator kinerja, dan mengidentifikasi sumber variasi selama studi proses.

Hasil keluaran dari tahap analyze adalah pemahaman terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi masalah yang sedang diteliti yang meliputi *key process input variables* dan sumber variasi. Pada tahap ini digunakan alat bantu *Cause and Effect Diagram* atau *Fishbone Diagram*.

Improve

Langkah-langkah yang dilakukan pada tahap *improve* yaitu, menghasilkan alternatif perbaikan, mengidentifikasi kriteria perbaikan, menghasilkan perbaikan yang paling mungkin dilakukan, mengevaluasi perbaikan dan memilih pilihan terbaik.

Control

Tahap *control* merupakan tahap terakhir, dilakukan dengan pengorganisasian proses atau perbaikan produk dan pemantauan kinerja yang sedang berjalan, terdapat peralihan menuju pengendalian proses dan memastikan bahwa perbaikan yang baru dapat dilakukan. Beberapa alat bantu yang biasa digunakan adalah FMEA (*Failure Mode Effect and Analyze*).

Failure Mode Effect and Analyze (FMEA)

FMEA merupakan pendekatan sistematis yang menerapkan suatu metode pentabelan untuk membantu proses pemikiran yang digunakan oleh engineers untuk mengidentifikasi mode kegagalan potensial dan efeknya. Teknik yang mengidentifikasi tiga hal, yaitu:

- Penyebab kegagalan yang potensial dari sistem, desain produk, dan proses selama siklus
- Efek dari kegagalan tersebut.
- Tingkat kekritisan efek kegagalan terhadap fungsi sistem, desain produk, dan proses.
Pada tahapan prosesnya ditentukan nilai:
 - *Severity* (kegawatan) adalah dampak yang timbul apabila suatu kesalahan (*failure*) terjadi.
 - *Occurrence* (kejadian) adalah kemungkinan atau probabilitas atau frekuensi terjadinya kesalahan
 - *Detection* (deteksi) adalah kemungkinan untuk mendeteksi suatu kesalahan akan terjadi kemudian dilakukan perhitungan tingkat prioritas risiko (*Risk Priority Number-RPN*) yaitu hasil perkalian dari masing-masing tingkat kegawatan, kejadian, dan deteksi.

Output dari *Process FMEA* adalah:

- a. Daftar mode kegagalan yang potensial pada proses.
- b. Daftar *critical characteristic* dan *significant characteristic*.
- c. Daftar tindakan yang direkomendasikan untuk menghilangkan penyebab munculnya mode kegagalan

Tools of Quality

Critical to Quality (CTQ)

Critical to Quality adalah suatu cara pengukuran produk/proses yang mana standard kinerja atau batas spesifikasinya harus sesuai dengan kepuasan pelanggan. CTQ ini mencakup batas spesifikasi atas dan bawah atau faktor-faktor lainnya yang berhubungan dengan produk/jasa.

Diagram SIPOC

SIPOC digunakan untuk menunjukkan aktifitas mayor atau subproses dalam sebuah proses bisnis bersama-sama dengan kerangka kerja dari proses yang disajikan dalam *Supplier, Input, Proses, Output, Customer*.

- *Supplier/Pemasok* adalah Orang, Organisasi atau Sistem yang menyediakan sumber daya.
- *Input/Masukan* adalah bahan, informasi ataupun sumber daya lainnya yang diberikan oleh pemasok
- *Process/Proses* adalah serangkaian tindakan dan kegiatan yang mengubah *Input* menjadi *Output*.
- *Output/Keluaran* adalah barang atau jasa yang dihasilkan oleh proses untuk digunakan oleh pelanggan.
- *Customer/Pelanggan* adalah Orang, Organisasi, Sistem ataupun Proses hilir yang menerima *Output*.

Pareto Charts

Diagram pareto biasa digunakan untuk menggolongkan beberapa kategori dengan persentase masing-masing kategori. Kategori tersebut dilambangkan dengan batang-batang (bar) yang tersusun dari yang paling kecil ke besar. Diagram Pareto sangat membantu untuk menentukan kategori yang paling berpengaruh terhadap suatu masalah.

Cause Effect Diagram (Fishbone Diagram)

Cause Effect Diagram digunakan untuk menggabungkan ide-ide mengenai penyebab potensial dari suatu masalah. Diibaratkan sebagai tulang ikan, masalah yang terjadi dianggap sebagai kepala ikan sedangkan penyebab masalah dilambangkan dengan tulang-tulang ikan yang dihubungkan. Terdapat 5 faktor penyebab yang perlu diperhatikan, yaitu:

- a. Manusia (*Man*)
- b. Metode kerja (*Method*)
- c. Mesin (*Machine*)
- d. Bahan baku (*Materials*)
- e. Lingkungan kerja (*Environment*)

Injection Mold

Menurut Bryce (1998) injection molding seperti operasi pada jarum suntik, dimana lelehan plastik disuntikan kedalam mold (cetakan) yang tertutup rapat yang berada didalam mesin sehingga lelehan tersebut memenuhi ruang yang berada pada mold sesuai dengan bentuk produk yang diinginkan.

Proses *injection molding* merupakan proses pembentukan benda kerja dari material *thermoplastic* berbentuk butiran yang ditempatkan kedalam suatu *hopper*/torong dan masuk kedalam silinder barrel injeksi yang kemudian didorong oleh mekanisme screw melalui *nozzle* mesin dan sprue bushing masuk kedalam rongga (cavity) cetakan yang sudah pada kondisi tertutup. Setelah beberapa saat didinginkan, *mold* akan dibuka dan produk akan dikeluarkan dengan mekanisme *ejector*.

Umumnya, mesin *Injection molding* terdiri dari 4 kesatuan fungsi, yaitu *Mold Clamp Unit, Injection Unit, Molding Unit, & Control System*

- Konstruksi *Injection Mold* terdiri dari dua bagian pelat, yaitu pelat bergerak (*moveable plate*) dan pelat diam (*stationary plate*). Jenis konstruksi dasar dari mold injeksi terdiri dari, *Two Plate Type Mold & Three plate mold*.
- *Moldbase* bagian utama dari injection molding plastic yang terdiri dari sekumpulan plat yang diproses milling, khusus bagian permukaan diproses dengan gerinda dengan keparalelan yang sangat baik, dan mempunyai toleransi ketebalan yang tinggi (*Djunarso, 2011*).

Proses injection molding

Proses *injection molding* dapat dijabarkan sebagai berikut:

- a) Material plastik dimasukkan kedalam *hopper*, kemudian material plastic akan memasuki rongga plastik

pada ulir *screw*.

- b) *Screw* bergerak mundur dan berputar berlawanan dengan arah jarum jam membawa butiran-butiran plastik jatuh dari *hopper*. Biji plastik ini dipanaskan oleh gesekan yang terjadi dan pemanasan tambahan dari barrel, sehingga butiran-butiran plastik tersebut meleleh.
- c) Langkah berikutnya adalah *mold-close*. Kemudian *screw* didorong maju oleh gerakan piston, mendorong lelehan plastik dari bilik *screw* (*screw chamber*) melalui *nozzle* masuk ke dalam rongga *mold* (dalam tahap ini *screw* hanya bergerak maju saja, tanpa berputar).
- d) Lelehan plastik yang telah diinjeksikan mengalami pengerasan, Di bawah pengaruh *holding pressure*, lelehan material dari tekanan *screw* ditambahkan untuk mengimbangi kepadatan volume dari material ketika dingin.
- e) Setelah proses pendinginan dan kekakuan dari produk yang telah dibentuk, *screw* akan mundur untuk melakukan pengisian *barrel*. Pada saat itu *clamping unit* akan bergerak untuk membuka *mold*. Produk dikeluarkan oleh *ejector* yang telah ada dalam *mold*.
- f) Setelah produk tersebut keluar/ dikeluarkan oleh *ejector*, maka siap untuk dilakukan proses injeksi berikutnya sesuai dengan alur yang telah diuraikan diatas.

3. Metode Penelitian

Diagram alir metode penelitian dapat dilihat pada Gambar 1. Pada diagram alir dijelaskan tentang tahapan penelitian yang dilakukan. Metode penelitian yang dilakukan sesuai pelaksanaan Six Sigma, DMAIC (*Define – Measure - Analyze – Improve - Control*).

Data *defect* produksi injeksi *mold* 3 Ton pada periode Oktober s/d Desember tahun 2019 pada perusahaan digunakan untuk melakukan analisis pengendalian kualitas pendekatan DMAIC. Analisa *defect* dilakukan terhadap 5 *part product* injeksi *mold* 3 Ton yang memenuhi kriteria, yaitu dengan jumlah *defect* tinggi dan beragam selama mass production. Metode DMAIC diterapkan untuk menghilangkan langkah-langkah proses yang tidak produktif, dan fokus pada penerapan teknologi untuk peningkatan kualitas menuju target. Tahapan dalam penelitian ini meliputi:

Define

Tahap ini merupakan langkah awal dalam DMAIC. Pada tahap ini akan dilakukan penentuan sasaran dan identifikasi jumlah total *defect* produk menggunakan *tools* Pareto Chart & Diagram SIPOC. Pada tahap ini pula didefinisikan *Critical to Quality* (CTQ) berdasarkan hasil injeksi *mold part product* 3 Ton.

Measure

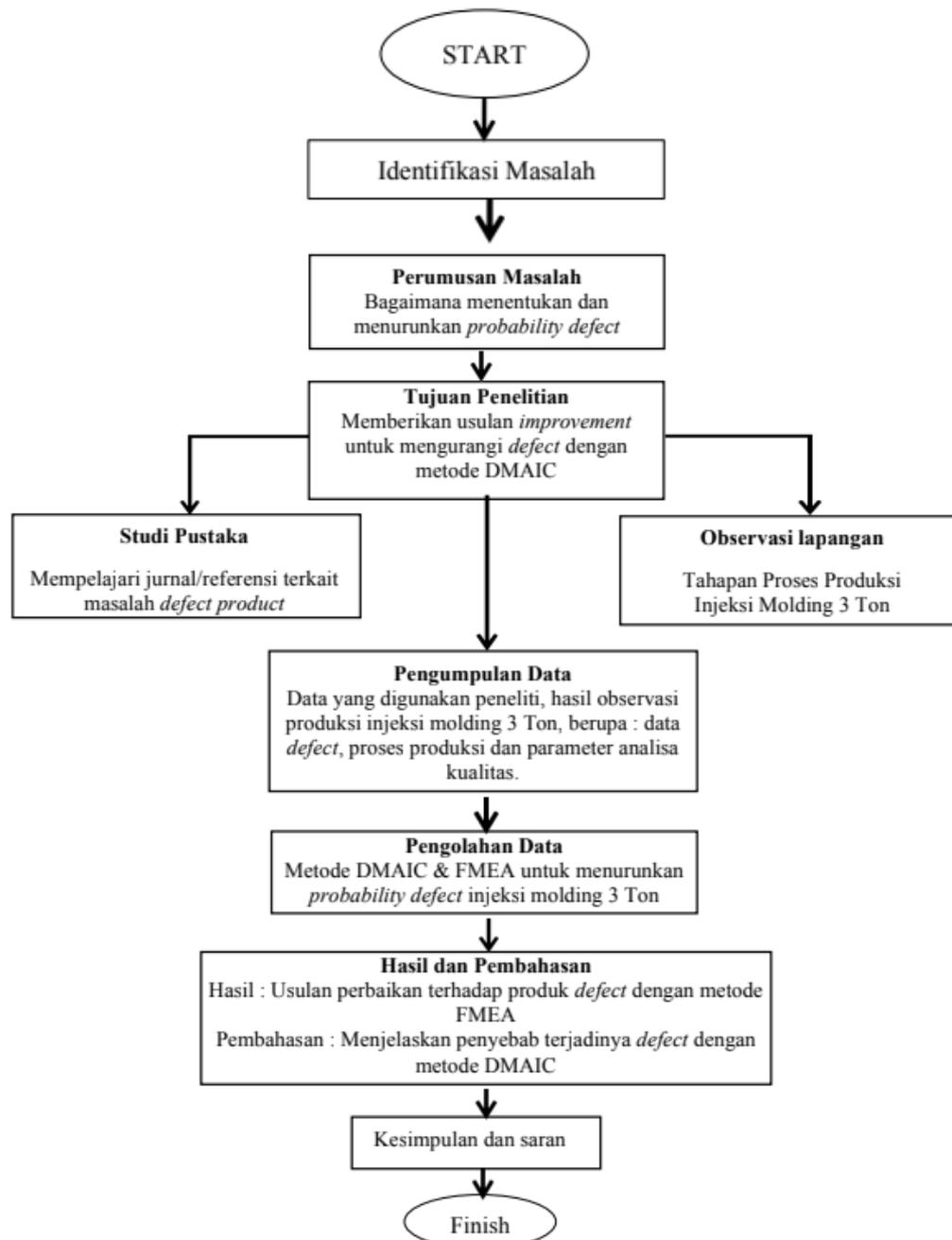
Pada tahap kedua ini dilakukan evaluasi terhadap kondisi produksi dan mengukur tingkatan kualitas pada hasil injeksi *molding* 3 Ton. Berdasarkan data yang telah dikumpulkan, untuk menentukan cacat dominan yang merupakan CTQ menggunakan perhitungan DPMO (*Defect Per Million Opportunity*) dan *Sigma Level*.

Analyze

Dalam tahap *analyze* merupakan tahap menganalisa, mencari dan menemukan akar penyebab dari suatu masalah. Berkaitan dengan pengendalian proses statistik, diagram sebab akibat dipergunakan untuk menunjukan faktor-faktor penyebab dan karakteristik kualitas (akibat) yang disebabkan oleh faktor-faktor penyebab itu (Gasparz, 2003). *Tools* yang digunakan untuk menganalisa dan mencari akar penyebab *defect* adalah *fishbone* diagram.

Improve

Tahap *improve* merupakan tahap pemberian usulan perbaikan untuk mengurangi tingkat *defect* yang terjadi sehingga dapat meningkatkan kualitas produk. FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) digunakan untuk menentukan prioritas rencana perbaikan. Tujuan FMEA adalah mengembangkan, meningkatkan, dan mengendalikan nilai-nilai probabilitas dari *failure* yang terdeteksi dari sumber (*input*) dan juga mereduksi efek-efek yang ditimbulkan oleh kejadian "*failure*" tersebut (Hidayat, 2007). Setiap jenis kegagalan mempunyai nilai RPN (*Risk Priority Number*), yang merupakan hasil perkalian dari ranking *severity*, *detection*, dan *occurrence*. Kemudian RPN diambil yang terbesar, sehingga diketahui kemungkinan penyebab yang paling kritis menjadi prioritas untuk solusi tindakan perbaikan.



Gambar 1. Diagram Alur Langkah Penelitian

Control

Tahap kontrol merupakan tahapan terakhir dalam pendekatan DMAIC, dimana dalam tahap ini dilakukan pengaturan proses maupun perbaikan produk dan pemantauan kinerja dari proses produksi yang sedang berjalan. Pada tahap ini yang terdapat peralihan menuju pengendalian dan diharapkan permasalahan yang sebelumnya terjadi tidak terulang kembali.

4. Hasil Dan Pembahasan

Data Defect Produksi

Berdasarkan data produksi diatas dari total produksi mold injeksi 3 Ton diperoleh 223.470 pcs *part product* dan jumlah *part defect* sebanyak 29.041 pcs. Adapun rincian *defect product* dapat dilihat pada tabel berikut.

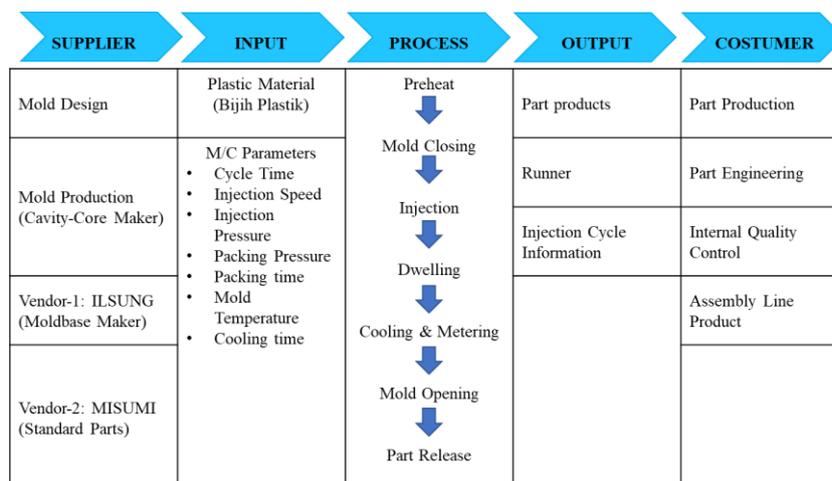
Tabel 1. Data Kumulatif *Defect Part Oktober - Desember 2019*

No	Jenis Defect	Jumlah Defect	Persentase (%)	Kumulatif (%)
1	Flash	18.630	64,15%	64,15%
2	Short mold	5.784	19,92%	84,07%
3	Sink mark	2.267	7,81%	91,87%
4	Dragmark	1.499	5,16%	97,04%
5	Undercut	861	2,96%	100,00%
	Total	29.041	100%	

Define (CTQ & Diagram SIPOC)

Tahap awal DMAIC yaitu identifikasi hal-hal terkait kualitas yang menjadi prioritas (*critical to quality*), yaitu *shortmold* (tidak mencapai kapasitas ideal sehingga mengeras terlebih dahulu sebelum memenuhi *cavity*), *flash* (kondisi timbulnya daging / kelebihan bagian pada part product), *Sinkmark* (Cekungan yang terjadi pada permukaan luar part yang terbentuk karena perbedaan ketebalan produk), *Undercut* (terdapat bagian dapat menyebabkan *part stuck* atau tidak *release*), dan *Dragmark* (terdapat permukaan yang tergaruk diakibatkan oleh mold yang kasar).

Diagram SIPOC berguna untuk menunjukkan mayoritas aktivitas atau sub-proses dalam sebuah proses bisnis bersama-sama dengan kerangka kerja dari proses.



Gambar 2. Diagram SIPOC

Measure (DPMO dan Tingkat Sigma)

Selanjutnya perhitungan DPMO dan *level sigma* dilakukan. DPMO merupakan banyaknya jumlah *defect* per satu juta kemungkinan, didapatkan dengan mengalikan jumlah *defect* dengan satu juta kemungkinan, sehingga didapatkan nilai DPMO. Setelah didapatkan nilai DPMO, tingkat *sigma* dapat dihitung dengan menggunakan konversi DPMO.

Tabel 2. Nilai DPMO dan Nilai Sigma Produksi Part Oktober - Desember 2019

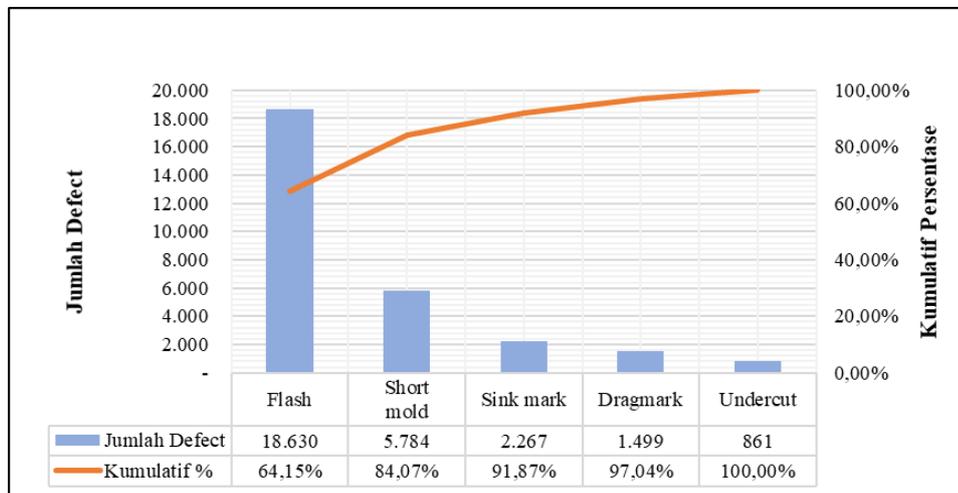
Bulan	Jumlah Unit (U)	Jumlah Defect (D)	Defect Oppt. (OP)	Defect Per Unit (DPU)	DPO	DPMO	Nilai Sigma
October	74.391	9.819	5	0,1320	0,02640	26.398	3,43
November	74.189	9.610	5	0,1295	0,02591	25.906	3,44
December	74.890	9.613	5	0,1284	0,02567	25.671	3,44
Jumlah	223.470	29.041	5	0,1300	0,02599	25.991	3,44

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui dari perhitungan bahwa rata-rata nilai sigma dari Produksi *part product* 3 Ton pada bulan Oktober hingga Desember 2019 ialah 3,44. Dimana nilai sigma ini masih dibawah target perusahaan yang mengikuti standar pusat perusahaan Jepang yaitu mencapai rata-rata 5-Sigma,

sehingga diperlukan adanya perbaikan atau *improvement*.

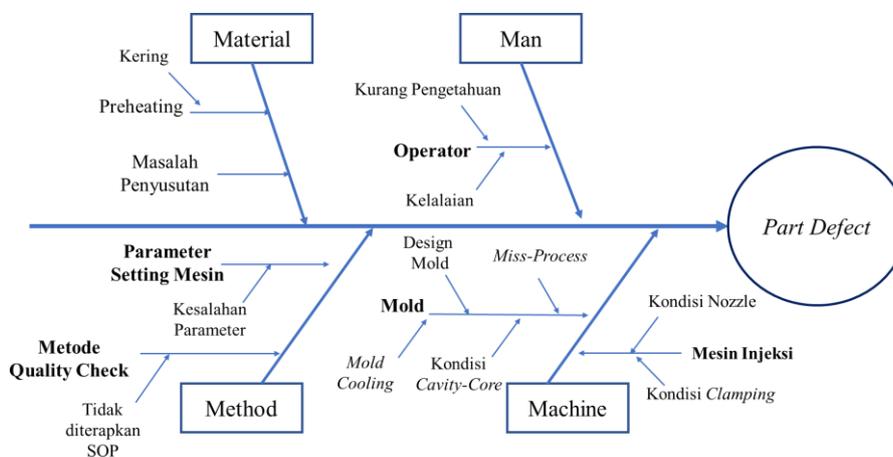
Analyze (Diagram Pareto, Diagram Fishbone)

Penentuan jenis *defect* dominan dilakukan dengan menggunakan diagram pareto. Diagram pareto dibuat dengan menggunakan persentase kumulatif dari jenis *defect* yang terjadi. Gambar 3 menunjukkan diagram pareto jenis *defect* yang terjadi.



Gambar 3. Diagram Pareto Jenis Defect

Dari 5 jenis *defect* yang telah diidentifikasi, berikutnya dilakukan identifikasi penyebab masalah cacat tersebut dengan menggunakan diagram tulang ikan (*fishbone diagram*). Diidentifikasi 5 kategori faktor dari penyebab *defect*, diantaranya faktor manusia, faktor mesin, faktor metode, faktor material dan faktor lingkungan.



Gambar 4 Diagram Fishbone Part Defect

Penjelasan dari 5 faktor yang berpengaruh adalah sebagai berikut:

1. Manusia
 - a. Kurang Pemahaman terhadap mesin injeksi 3 Ton
 - b. Kelalaian operator / Setter Mesin
2. Metode
 - a. Kesalahan setting parameter mesin (*temperature*, *injection pressure* atau *Cycle Time*)
 - b. penerapan *Quality check* (QC) yang terkadang tidak sesuai SOP
3. Machine & Mold
 - a. Kondisi mesin injeksi tidak optimal (area Nozzle, tekanan injeksi, pencekaman mold, atau *cooling system*)
 - b. Kondisi Mold bermasalah:
 - o Kesalahan pembuatan *clamping mold* Kesalahan pembuatan area pertemuan Nozzle

- *Miss-Process Mold*
- *Miss-Assembly*, contoh: *miss matching & fitting Cavity Core*

4. Material

Kesalahan pada perhitungan penyusutan (*shrinkage*)

Berdasarkan 2 jenis *defect* tertinggi, yaitu *flash & Shortmold part*, kemungkinan faktor-faktor penyebab sebagai berikut.

Tabel 3 Faktor Penyebab *Defect Flash & Shortmold*

Jenis Defect	Faktor Penyebab	Penyebab
<i>Flash</i>	Faktor Mold	> Kondisi Mold tidak menutup sempurna akibat <i>miss matching & polishing</i>
	Faktor Manusia & Method	> Kondisi Mold ataupun <i>ejector dented (aus)</i> Kesalahan Setting parameter injeksi yang berlebih, sehingga <i>over-pack</i>
<i>Short-mold</i>	Faktor Mold	Kondisi <i>layout cooling</i> yang tidak maksimal
	Faktor Manusia & Method	Kesalahan input Setting parameter injeksi (<i>cycle time, injection pressure</i> atau <i>injection speed</i>)

Failure Mode & Effect Analysis (FMEA)

Tabel 4 *Failure Mode & Effect Analysis*

Requirements	Potential Failure Mode	Potential Effects of Failure	S	Potential Cause of Failure	O	D	RPN
Timbul	Kondisi mold berpotensi tidak menutup secara sempurna	Menimbulkan celah antara cavity-core, berpotensi flash. Mengharuskan Rework Product & Perbaikan Mold	7	Fitting Cavity Core tidak dilakukan dengan baik	8	4	224
<i>defect Flash</i>	Kesalahan input Setting Parameter injeksi berpotensi berlebih dari yang seharusnya	Overpack injeksi, berpotensi flash. Mengharuskan Rework Product & Setting ulang	7	Kesalahan input, belum ada penyimpanan data parameter	7	2	98
Hasil injeksi <i>Short-mold</i>	Kondisi mold berpotensi tidak memiliki layout cooling yang baik	Aliran injeksi tidak baik, produk set lebih cepat tidak memenuhi rongga cavity	8	Kesalahan mold design, karena tidak adanya standar layout cooling	6	3	144
	Kesalahan input Setting Parameter injeksi berpotensi kontrol suhu, kecepatan ataupun tekanan injeksi tidak baik	Kontrol suhu, kecepatan ataupun tekanan injeksi yang tidak baik mengakibatkan produk set lebih cepat tidak memenuhi rongga cavity	8	Kesalahan input, belum ada penyimpanan data parameter	7	3	168

Dari FMEA tersebut didapatkan penyebab signifikan dari timbulnya *defect Flash* dan *Shortmold*. Pada *defect flash* kondisi Mold tidak menutup sempurna (*miss matching & fitting*), memiliki nilai RPN terbesar yaitu 224. Sedangkan *defect shortmold* Kesalahan setting parameter, yaitu *injection pressure, temperature* maupun *cycle time* (termasuk *holding time & cooling time*) memiliki nilai RPN terbesar yaitu 168.

Improvement

Pada tahap ini, akar permasalahan yang telah diuraikan dengan menggunakan diagram tulang ikan dan FMEA, akan diusulkan tindakan perbaikan yang tepat untuk menurunkan jumlah defect part product injeksi 3 Ton. Adapun beberapa usulan perbaikan yaitu:

- 1) Metode pengecekan baru dengan pembuatan form baru pada proses Assembly (perakitan) Mold, untuk menghindari *miss-process*
- 2) Pembuatan standar *cooling layout* pada *design mold* untuk mengatur suhu mold yang stabil.
- 3) *Training Mold* dan mesin injeksi 3 Ton bagi operator / *setter* mesin.
- 4) Penerapan penyimpanan *database setting parameter* mesin injeksi 3 Ton

Control

Tahap kontrol merupakan tahapan terakhir dalam pendekatan DMAIC, dimana dalam tahap ini dilakukan pengaturan proses maupun perbaikan produk dan pemantauan kinerja dari proses produksi yang sedang berjalan. Pada tahap ini yang terdapat peralihan menuju pengendalian dan diharapkan permasalahan yang sebelumnya terjadi tidak terulang Kembali. Beberapa alat yang dapat digunakan untuk pengendalian umlah defect pada proses injeksi molding 3 Ton yaitu

- Meningkatkan *Preventive Maintenance* pada mesin maupun mold secara berkala
- Menerapkan *Standard Operational Procedure* (SOP) injeksi mold 3 Ton yang *ter-update*

5. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa penerapan metode Six Sigma DMAIC terhadap *defect* pada proses produksi injeksi mold 3 Ton dari periode Oktober sampai Desember 2019, dapat disimpulkan bahwa:

1. Jenis cacat (*defect*) paling dominan dari hasil injeksi mold 3 Ton yaitu *flash* sebanyak 18.630 pcs dengan persentase 64,15% dari keseluruhan defect. Dilanjutkan dengan *short- mold* sebanyak 5.784 pcs dengan persentase 19,92%.
2. Hasil analisa dapat diketahui faktor penyebab *defect flash*, yaitu kondisi mold tidak menutup sempurna dikarenakan *miss matching & fitting* dengan nilai RPN terbesar yaitu 224. Pada *defect shortmold* faktor penyebab dengan nilai RPN terbesar 186, yaitu kesalahan setting parameter pada *injection pressure*, *temperature* ataupun *cycle time*.
3. Tindakan *improvement* yang diusulkan pada perusahaan untuk menurunkan defect antara lain, pembuatan form baru pengecekan proses *Assembly Mold*, pembuatan standar *layout cooling* pada *design mold* untuk *release* udara, pelaksanaan *training Mold* dan mesin injeksi 3 Ton, serta pemuatan *database setting parameter* mesin.

Saran

Saran berdasarkan hasil penelitian terhadap injeksi mold 3 Ton, bagi Perusahaan Elektronik Printer untuk perbaikan dan peningkatan kedepannya, adalah:

1. Pengendalian kinerja dengan meningkatkan *preventive maintenance* baik pada mesin injeksi maupun mold, melibatkan pelaksana produksi yaitu, mold production staff dan *setter machine*.
2. Memperbaharui Standard Operational Procedure (SOP) injeksi mold 3 Ton. Menentukan standar setting parameter mesin injeksi yang disesuaikan dengan material yang digunakan.

Daftar Pustaka

- Alshammari, A., Redha S., Hussain S., Nazzal T., Kamal Z., & Smew W. (2018). Quality Improvement in Plastic Injection Molding Industry: Applying Lean Six Sigma to SME in Kuwait. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. Diakses pada <http://ieomsociety.org/ieom2018/papers/666> (Accessed Minggu, 19 April 2020 jam 12.00 WIB).
- Andrawati, P. (2020) *Penerapan FMEA untuk Menurunkan Defect Produk pada Inner Tube 2W di PT. Mitra Rubber Industries*. [Tugas Akhir]. Universitas Mercu Buana Jakarta.
- Ariani, W. (2003). *Manajemen Kualitas*. Pamulang: Universitas Terbuka.
- Assauri, S. (2004). *Manajemen Pemasaran*. Jakarta: Rajawali Press.
- Bayer. (2000). *Engineering Polymers Part and Mold Thermoplastics*. Pittsburgh: Bayer materials science LLC
- Breyfogle, F.W. (1999). *Implementing Six sigma: Smarter Solutions Using Statistical Methods*. New York: Hefin Rowlands

- Budiyantoro, C. (2009). *Thermoplastik Dalam Industri*. Surakarta: Teknika Media.
- Caesaron D, & Tandianto. (2015). Penerapan Metode Six Sigma dengan Pendekatan DMAIC pada proses Handling Painted Body BMW X3 (Studi Kasus: PT. Tjahja Sakti Motor). *Jurnal Pasti, Volume IX No 3, Hal. 248 – 256*. Diakses pada <https://publikasi.mercubuana.ac.id/index.php/pasti/article/view/488> (Accessed Minggu, 19 April 2020 jam 11.00 WIB).
- Chou, S., & Chen J., (2018). Six Sigma-Based Optimization of Shrinkage Accuracy in Injection Molding Processes. *World Academy of Science Engineering and Technology International Journal of Industrial and Manufacturing Engineering Vol:12, No:3*. Diakses pada <https://publications.waset.org/10008610/> (Accessed Sabtu, 9 Mei 2020 jam 18.35 WIB)
- Djunarso. (2011). *Dasar Mold Design*. Surakarta: Teknika Media.
- DME. (2014). *DME Mold Components*. USA: DME Company.
- Fryman, M.A. (2002). *Quality and Process Improvement*. Albany: Delmar/Thomson Learning.
- Gaspersz, V. (2005). *Sistem Manajemen Kinerja Terintegrasi Balanced Scorecard Dengan Six Sigma Untuk Organisasi Bisnis dan Pemerintah*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama. Kholil, M., & Pambudi. T. (2014). Implementasi Lean Six Sigma dalam Peningkatan Kualitas dengan Mengurangi Produk Cacat NG Drop di Mesin Final Test Produk HL 4.8 di PT. *SSI. Jurnal PASTI Volume VIII No 1, 14 – 29*. Diakses pada <https://publikasi.mercubuana.ac.id/index.php/pasti/article/view/431> (Accessed Minggu, 19 April 2020 jam 11.25 WIB).
- Kumar, S. (2014). Impact of Six-Sigma DMAIC Approach on Manufacturing Industries. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, Volume. 3(5), 12652-12657*. Diakses pada <https://www.ijirset.com/upload/2014/may/> (Accessed Jum'at, 10 Juli 2020 jam 20.05 WIB).
- Kumar, S., Sachdeva, A., & Gupta. A. (2019). Reduction of Rejection of Cylinder Blocks In A Casting Unit: A Six Sigma DMAIC perspective. *Journal of Project Management, 4(2), 81-96*. Diakses pada <http://growingscience.com/beta/jpm/3078> (Accessed Jum'at, 10 Juli 2020 jam 21.10 WIB).
- Mega Injection Mould. (2009). *Construction Injection Molds Classification*. Diakses pada: www.megamould.com.
- Nakazawa, M. (2010). *Mold Basic Design textbook*, Jakarta: IMDIA
- Pande, P. S., Robert P. N., & Cavanagh R. R. (2002). *The Six Sigma Way: Bagaimana GE, Motorola dan Perusahaan Terkenal Lainnya Mengasah Kinerja Mereka*. Yogyakarta: Andi.
- Prasetyo, R. (2016). *Reducing Short-mold and Overubber Defect in Screen Oil Filter Product Using DMAIC in PT X*. [Tugas Akhir]. President University. Diakses pada: <http://repository.president.ac.id/xmlui/handle/123456789/1091>.
- Rosyanto, N. (2019). *Analisa Defect Front Wheel Oleng Pada Unit Motor Tipe K97 dengan Menggunakan Metode DMAIC*. [Tugas Akhir]. Universitas Mercu Buana Jakarta.
- Shainandra, R. (2019). *Analisis Pengendalian Kualitas Cetak Material Kaleng Dengan Metode DMAIC Di Department New Printing PT. United Can Company*. [Tugas Akhir]. Universitas Mercu Buana Jakarta.
- Sunaryo, N. (2015). *Perancangan Mold Base Yo-Yo Tipe 1a Pada PT.Yogyakarta Presisi Tenikatama Industri*. [Tugas Akhir]. Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Diakses pada <http://e-journal.uajy.ac.id/8527/>.
- Wiswandani, A., & Suharsono, A. (2019) Analisis Pengendalian Kualitas pada Proses Making Produksi Diplomat Mild Reborn di PT. Gelora Djaja Surabaya. *JURNAL SAINS DAN SENI ITS Vol. 8, No. 2. Hal. 2337-3520*. Diakses pada https://ejournal.its.ac.id/index.php/sains_seni/article/viewFile/49063/5857 (Accessed Sabtu, 8 Agustus 2020 jam 14.00 WIB).
- Wulandari E., Lubis M., & Yanuar A. (2018). Usulan Perbaikan Untuk meminimasi Defect Short Mold pada Proses Peleburan Produk Grip Panjang di CV. Gradient dengan menggunakan Pendekatan Six Sigma. *E-Proceeding of Engineering: Vol.5, No.2, Hal 3031* Diakses pada <https://openlibrary.telkomuniversity.ac.id/pustaka/144246> (Accessed Rabu 22 Juli 2020 jam 19.45 WIB).