

Aplikasi pendekatan six sigma untuk perbaikan kualitas pada proses pembuatan *tank washer*

Anjar Suprayogi

Alumni Program Studi Magister Teknik Industri, Universitas Mercu Buana, Jakarta

E-mail: anjar.suprayogi@gmail.com

Abstrak. PT. Laksana Teknik Makmur merupakan salah satu perusahaan manufaktur yang bergerak dalam bidang pembuatan *accessories* mobil di Indonesia. Salah satu produk yang dihasilkan adalah *tank washer* dengan tingkat cacat pada proses produksi yang tinggi yaitu 11 persen. Penelitian ini menggunakan metode DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) sebagai tools untuk memecahkan permasalahan tentang perbaikan kualitas proses pembuatan *tank washer*. Analisis awal untuk Define didapatkan hasil CTQ (Critical to Quality) adalah cacat gelombang merupakan cacat yang terbesar yaitu 4,1 persen dari total cacat *tank washer*. Dari hasil pengukuran pada tahap Measure didapatkan nilai DPMO sebesar 108475 dengan Sigma Level 2,73. Selanjutnya dilakukan Analyze untuk mendapatkan faktor-faktor apa saja yang menyebabkan terjadinya cacat gelombang. Pada tahap Improve menggunakan metode Ishikawa direkomendasikan hasil pembuatan SOP (Standart Operational Prosedure) yang baru. Pada tahap akhir yaitu Control dilakukan setelah implementasi SOP yang baru selama 1 bulan, hasilnya nilai cacat gelombang turun menjadi 2 persen dan nilai Sigma Level meningkat menjadi 3,326 dengan nilai DPMO 20424.

Kata kunci: DMAIC, DPMO, ISHIKAWA, kualitas, level sigma, SOP.

Abstract. PT. Laksana Teknik Makmur is a manufacturing company engaged in the manufacture of car *accessories* in Indonesia. One of the products produced is a *tank washer* with a high defect rate in the production process of 11 percent. This study uses the DMAIC method (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) as a tool to solve problems about improving the quality of the process of making *tank washer*. The initial analysis for Define shows that CTQ (Critical to Quality) is the largest defect of the wave, which is 4.1 percent of the total defects of *tank washer*. From the measurement results in the Measure stage, the DPMO value is 108475 with Sigma Level 2.73. Then Analyze is done to get any factors that cause wave defects. On the Improve stage using Ishikawa's method, the results of the new Standard Operating Procedure are recommended. In the final stage, Control is carried out after the implementation of the new SOP for 1 month, the result is that the wave defect value drops to 2 percent and the Sigma Level value increases to 3.326 with the value of DPMO 20424.

Keywords: DMAIC, ISHIKAWA, DPMO, quality, sigma level, SOP.

1 Pendahuluan

Dampak dari meningkatnya permintaan industri *automotive* dari tahun ke tahun memberikan peluang bisnis bagi IKM (Industri Kecil Menengah) untuk tumbuh, seiring dengan meningkatnya permintaan *automotive* setiap tahunnya. Kementerian Perindustrian menargetkan bahwa komponen dari *automotive* dibuat oleh perusahaan lokal, yaitu dibuat oleh industri IKM. (Automotive Kompas, 2017).

Salah satu perusahaan IKM binaan dari Kementerian Perindustrian yang bergerak di bidang *spare part automotive* yang mulai berkembang adalah PT. Laksana Teknik Makmur. PT. Laksana Teknik Makmur adalah contoh dari sebuah perusahaan IKM (Industri Kecil Menengah) manufaktur yang bergerak di bidang *accessories* mobil dan bekerjasama dengan perusahaan Astra Group. Salah

satu produk yang dihasilkan dari perusahaan PT. Laksana Teknik Makmur adalah *tank washer* untuk mobil Mobilio dan Brio.

Pada proses produksi pembuatan *tank washer* sering terjadi barang yang tergolong NG (*Not Good*) atau *reject* pada proses *blow*. Terdapat beberapa masalah yang sering timbul pada proses *blow molding* tersebut, diantaranya adalah *tank washer* melipat, keriput, bocor, gores, retak, gelombang, noda, dan pecah. Dari beberapa masalah yang ditimbulkan masalah yang paling sering terjadi adalah *tank washer* mengalami gelombang pada bibir *tank washer* sebanyak 243 unit atau 4,1 persen pada setiap bulannya dan 11 persen dari total cacat *tank washer* yang diproduksi pada bulan Januari 2018. Dari hasil berikut dapat dinyatakan hasil *reject tank washer* melampaui batas dari target kinerja perusahaan yaitu 3 persen *reject*. Di India pada proses pembuatan *Air Dust* untuk AC mobil mengalami kecacatan pada proses *blow molding* sebesar 8 – 9 persen dalam sebulan dengan target 2 persen *reject* perbulan (Patel, 2013). Di Pakistan pada proses pembuatan botol PET (*Polyethylene terephthalate*) juga mengalami *reject* yang cukup besar yaitu 11,4 persen dalam sebulan dengan target *reject* 3 persen dalam sebulan (Ullah, 2016). Pada Gambar 1 disajikan ilustrasi *tank washer* yang mengalami *reject* gelombang.



Gambar 1 *Tank Washer* Cacat Gelombang

2 Kajian Pustaka

Dasar Pengendalian Kualitas

Kualitas dapat diartikan dengan berbagai macam pendapat, kebanyakan orang mempunyai pengertian kualitas sebagai bagaimana sebuah proses dapat menghasilkan produk atau *service* yang baik. Kualitas telah menjadi pertimbangan utama bagi konsumen dalam memilih beberapa produk yang tengah bersaing. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa perbaikan kualitas dapat mempengaruhi keberhasilan sebuah bisnis (Montgomery, 2005).

Sejarah Six Sigma

Carl Frederick Gauss (1777-1885) adalah orang yang pertama kali memperkenalkan konsep kurva normal dalam bidang statistik. Konsep ini kemudian dikembangkan oleh Walter Shewart di tahun 1920 yang menjelaskan bahwa 3 *sigma* dari nilai rata-rata (*mean*) mengindikasikan perlunya perbaikan dalam sebuah proses. Pada akhir tahun 1970, Dr. Mikel Harry, seorang insinyur senior pada *Motorola's Government Electronics Group* memulai percobaan untuk melakukan pemecahan masalah dengan menggunakan analisa statistik. Metode tersebut kemudian beliau tuliskan dalam sebuah makalah berjudul "*The Strategic Vision for Accelerating Six Sigma Within Motorola*", Dr. Mike Harry kemudian dibantu oleh Richard Schroeder, mantan eksekutif Motorola, menyusun suatu konsep perubahan manajemen yang didasarkan pada data. Hasil dari kerja sama tersebut adalah sebuah alat pengukuran kualitas yang sederhana, yang kemudian menjadi filosofi kemajuan bisnis, yang dikenal dengan nama *Six Sigma* (Montgomery, 2005).

Pengertian Six Sigma

Sigma merupakan sebuah simbol yang berasal dari Yunani, dimana simbol tersebut melambangkan standar deviasi (penyimpangan) pada bidang statistik. Kata *Six* menunjukkan jumlah standar deviasi dari nilai tengah spesifikasi yang seharusnya (Montgomery, 2005). Banyak

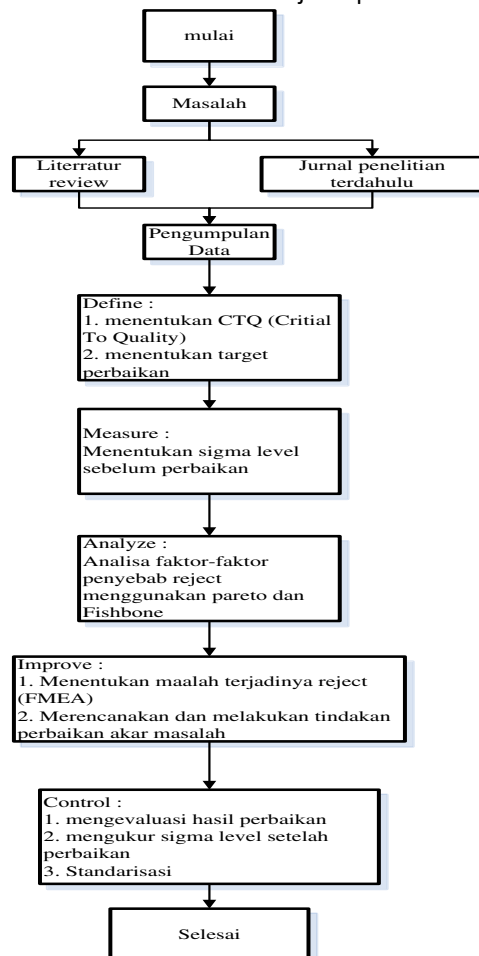
orang yang memiliki pemahaman bahwa *Six Sigma* hanya digunakan dalam manufaktur untuk mengurangi cacat. Kenyataannya adalah bahwa *Six Sigma* dapat digunakan di media manufaktur dan bisnis untuk mengurangi cacat proses dan variabilitas. Misalnya dapat digunakan untuk meningkatkan ketepatan pengiriman, mengurangi waktu siklus untuk mempekerjakan karyawan baru, meningkatkan logistik, meningkatkan kemampuan *forecasting*, dan meningkatkan kualitas layanan pelanggan (Mehrjerdi, 2011).

Metode DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control)

DMAIC adalah salah satu prosedur pemecahan masalah yang dipakai secara luas dalam masalah peningkatan kualitas dan perbaikan proses. DMAIC selalu diasosiasikan dengan aktivitas *Six Sigma*, dan hampir semua penerapan *Six Sigma* menggunakan pendekatan DMAIC.

3 Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif, yang berarti penelitian ini bersifat objektif dan ilmiah di mana data yang diperoleh berupa angka-angka atau nilai *reject* yang terjadi pada proses pembuatan *tank washer*. Jenis penelitian yang digunakan adalah jenis penelitian eksploratif, menggunakan seluruh data diperoleh dari setiap proses pembuatan *tank washer*. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan suatu penyelesaian masalah dengan menggunakan pendekatan metode DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*). Langkah-langkah dalam penelitian perbaikan kualitas menggunakan pendekatan DMAIC pada proses pembuatan *Tank Washer* di PT. Laksana Teknik Makmur ini disajikan pada Gambar 2.

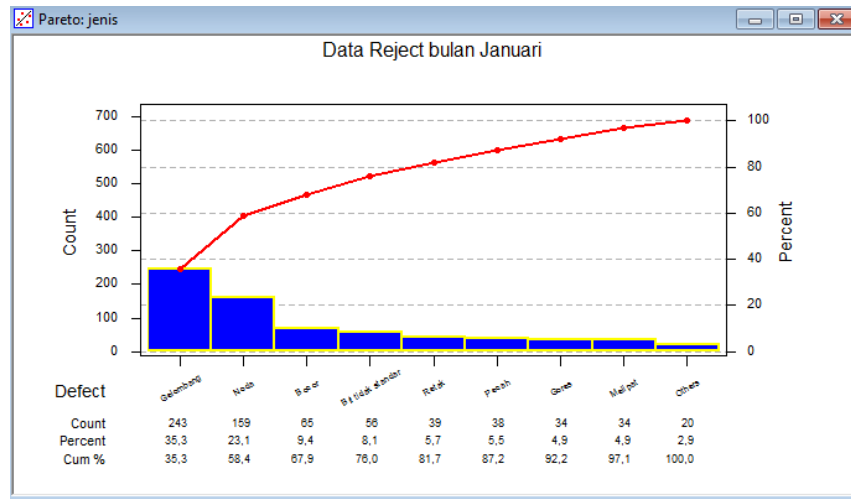


Gambar 2 Langkah-langkah penelitian.

4 Hasil dan Pembahasan

Define

Tahap pertama dalam metode DMAIC, adalah tahap *define*. Pada tahap *define* dilakukan identifikasi masalah dalam hal ini masalah yang diambil adalah banyaknya terjadi *reject* pada proses pembuatan *tank washer* untuk mobil Brio dan Mobilio. Data *reject tank washer* pada bulan Januari 2018 disajikan pada Gambar 3. Dari Gambar 2 menunjukkan bahwa cacat yang paling banyak adalah jenis cacat bergelombang sebanyak 243 atau 4.1 persen dari seluruh total cacat yang terdapat pada proses pembuatan *tank washer*. Cacat dominan tersebut dikategorikan sebagai *critical to quality* (CTQ).



Gambar 3 Data *reject tank washer* pada bulan Januari 2018

Measure

Mengukur *Capability* dan Sigma Level Kondisi Sebelum Perbaikan

Pada tahap *maesure*, dilakukan perhitungan menghitung *capability* dan sigma level sebelum perbaikan dari setiap jenis cacat tertinggi yang masuk ke dalam *critical to quality* (CTQ). Perhitungan ini dilakukan selama masa pengamatan produk *tank washer* yaitu satu bulan. Tabel perhitungan pengamatan selama bulan Januari 2018 disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Data proporsi cacat *tank washer* gelombang sebelum perbaikan

Hari Pengamatan	Jumlah Inspeksi	Cacat Gelombang	Proporsi cacat	UCL	LCL	Persentase Cacat (%)
1	660	10	0,015	0,071	0,004	1,5
2	353	10	0,028	0,071	0,004	2,8
3	295	21	0,071	0,071	0,004	7,1
4	279	35	0,125	0,071	0,004	12,5
5	294	0	0,000	0,071	0,004	0,0
6	136	45	0,331	0,071	0,004	33,1
7	379	58	0,153	0,071	0,004	15,3
8	129	2	0,016	0,071	0,004	1,6
9	270	9	0,033	0,071	0,004	3,3
10	422	0	0,000	0,071	0,004	0,0
11	565	10	0,018	0,071	0,004	1,8
12	240	0	0,000	0,071	0,004	0,0
13	180	0	0,000	0,071	0,004	0,0
14	519	24	0,046	0,071	0,004	4,6
15	600	0	0,000	0,071	0,004	0,0
16	437	0	0,000	0,071	0,004	0,0
17	732	19	0,026	0,071	0,004	2,6
Jumlah	6490	243	0,863			

Berikut ilustrasi perhitungan CLp, UCL, dan LCL cacat *tank washer* gelombang sebelum perbaikan, lebih jelas lagi disajikan pada Gambar 4.

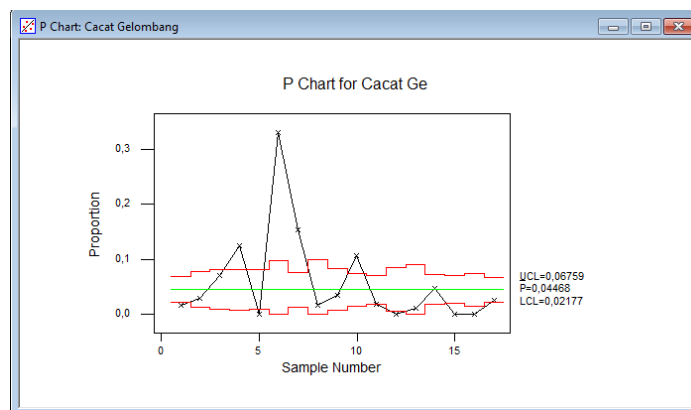
$$\text{Defect per unit (CLp)} : \frac{\text{DEFECT}}{\text{UNIT}} : \frac{243}{6490} = 0,037$$

$$\begin{aligned} \text{UCL} & : \text{CLp} + 3\sqrt{\text{CLp} + (1 - \text{CLp})/n} \\ & : 0,037 + 3\sqrt{0,037 + (1 - 0,037)/n} = 0,071 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LCL} & : \text{CLp} - 3\sqrt{\text{CLp} + (1 - \text{CLp})/n} \\ & : 0,037 - 3\sqrt{0,037 + (1 - 0,037)/n} = 0,004 \end{aligned}$$

$$\text{Kapabilitas proses} = 1 - 0,037 = 0,963$$

$$\text{Defect per unit} = D/U = 0,037$$



Gambar 4 Peta Kendali p untuk cacat gelombang sebelum perbaikan

Setelah menghitung *capability* pada proses pembuatan *tank washer* selanjutnya adalah perhitungan sigma level sebelum dilakukan perbaikan. Perhitungan nilai level sigma ini diperoleh berdasarkan tabel konversi DPMO ke nilai sigma level. Berikut disajikan formula untuk mendapatkan nilai *Defect per Unit* (DPU), *Total Opportunities* (TOP), *Defect per Opportunities* (DPO), dan *Defect Per Milion Opportunities* (DPMO).

$$\begin{aligned} \text{DPU} & = \frac{D}{U} : \frac{\text{Defect}}{\text{Unit}} \\ \text{DPO} & = \frac{D}{\text{TOP}} : \frac{\text{Defect}}{\text{Total Opportunities}} \\ \text{DPMO} & = \text{DPO} \times 1.000.000 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan sigma level pada proses pembuatan *tank washer* sebelum perbaikan sebesar 2,73 disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Perhitungan Sigma Level

Produk	Produksi	Total Cacat	Persentase Cacat	DPU	DPMO	Sigma Level
Tank Washer	6490	704	10,85	0,10847	108475	2,73

Analyze

Tahap berikutnya adalah *Analyze* dengan menggunakan metode Isikawa. Tujuan dari metode ini adalah untuk menganalisa dari setiap faktor-faktor yang diidentifikasi dari segi *man, machine,*

material, method, dan measurement. Pada proses pembuatan *tank washer*, ditemukan tiga faktor yaitu faktor *man, machine, dan material* yang berpengaruh terhadap timbulnya cacat gelombang seperti diilustrasikan pada Gambar 5.



Gambar 5 Diagram Ishikawa untuk cacat gelombang pada proses pembuatan *tank washer*

Diagram Ishikawa tersebut selanjutnya dijabarkan dengan menggunakan tabel agar mudah dalam mengidentifikasi dari setiap faktor yang berpengaruh terhadap cacat gelombang pada proses pembuatan *tank washer*, selengkapnya disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil identifikasi gelombang pada tank washer dengan diagram Ishikawa

Faktor	Penyebab 1	Penyebab 2	Penyebab 3
Man	Operator kurang memperhatikan instruksi	Pekerja kurang terampil	-
Material	Komposisi bahan baku tidak seimbang antara bahan baku murni dan campuran	-	-
Machine	Kompresor mesin <i>blow</i> tidak stabil	Mesin sering macet	-

Pada diagram Ishikawa tersebut didapatkan tiga faktor yang berpengaruh terhadap timbulnya cacat gelombang pada proses pembuatan *tank washer*. Faktor pertama yang berpengaruh adalah faktor *Man*, yang memiliki dua penyebab yaitu penyebab pertama operator kurang memperhatikan instruksi dari *Foreman* yang menyebabkan *settingan* mesin tidak sesuai dengan standar yang ditentukan. Penyebab yang kedua adalah pekerja kurang terampil terhadap pekerjaannya karena pekerja atau operator merangkap tugas antara *check quality* dan mengoperasikan mesin produksi *tank washer*.

Faktor yang kedua adalah faktor dari material, dimana dalam pembuatan *tank washer* ini material yang digunakan adalah 70 persen bahan plastik murni dan dicampur 30 persen dari bahan plastik sisa *reject* namun sudah di *crusher*. Pada proses ini kurang pengawasan dari operator yang menyebabkan pencampuran bahan baku tidak sesuai dengan apa yang telah ditentukan yang menimbulkan hasil produksi tidak sesuai terhadap standar yang telah ditentukan oleh perusahaan.

Faktor yang ketiga adalah faktor *Machine*, untuk faktor ini memiliki dua penyebab yaitu pertama adalah kompresor mesin *blow molding* tidak stabil yang mengakibatkan tiupan udara tidak sempurna dan hasil dari *tank washer* tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Penyebab kedua adalah mesin sering macet dikarenakan operator kurang teliti dalam melakukan pembersihan mesin setelah selesai melakukan pekerjaan yang menimbulkan sisa bahan baku

pada *barrel*. Selanjutnya dilakukan tahap identifikasi menggunakan metode FMEA (*Failure Mode and Effect analysis*).

Improve

Pada tahap *improve*, akar permasalahan yang telah diuraikan dengan menggunakan diagram Ishikawa (*fishbone*), dengan rekomendasi sebaiknya dilakukan pengkajian pembuatan SOP (*Standart Operational Procedur*) yang baru yang lebih mudah dipahami oleh operator. Peletakkan SOP ditempatkan di tempat yang operator setiap saat dapat melihat dan membacanya dengan mudah.

Control

Berdasarkan hasil evaluasi yang direkomendasikan adalah membuat SOP (*Standart Operational Procedur*) karena mesin *blow injection* belum memiliki SOP yang terstandar. Sebelum SOP diaplikasikan operator perlu dilakukan pelatihan dan *breafing* pagi selama satu minggu agar operator mengerti tujuan dari SOP itu sendiri. Selama masa percobaan dalam satu bulan yaitu di bulan Juni 2018, operator sudah terbiasa dengan penerapan SOP tersebut terbukti dengan menurunnya hasil *reject* pada setiap harinya.

Mengukur *Capability* dan Sigma Level Kondisi Setelah Perbaikan

Pada tahap ini, dilakukan perhitungan *capability* dan sigma level setelah perbaikan dari setiap jenis cacat tertinggi yang masuk ke dalam *critical to quality* (CTQ) yaitu jenis cacat gelombang. Perhitungan ini dilakukan selama masa pengamatan produk *tank washer* yaitu satu bulan yaitu bulan Juni 2018 dengan mengaplikasikan SOP (*Standart Operational Procedure*) pada proses pembuatan *tank washer*. Tabel 4 menyajikan perhitungan cacat selama bulan Juni 2018.

Tabel 4 Data proporsi cacat gelombang setelah perbaikan

Hari Pengamatan	Jumlah Inspeksi	Cacat Gelombang	Proporsi cacat	UCL	LCL	Persentase Cacat (%)
1	350	3	0,009	0,02003	0	0,9
2	353	6	0,017	0,02003	0	1,7
3	410	5	0,012	0,02003	0	1,2
4	420	4	0,010	0,02003	0	1,0
5	530	7	0,013	0,02003	0	1,3
6	359	0	0,000	0,02003	0	0,0
7	230	3	0,013	0,02003	0	1,3
8	360	4	0,011	0,02003	0	1,1
9	423	2	0,005	0,02003	0	0,5
10	418	5	0,012	0,02003	0	1,2
11	683	5	0,007	0,02003	0	0,7
12	323	3	0,009	0,02003	0	0,9
13	550	3	0,005	0,02003	0	0,5
14	545	3	0,006	0,02003	0	0,6
15	353	5	0,014	0,02003	0	1,4
16	523	5	0,010	0,02003	0	1,0
17	620	4	0,006	0,02003	0	0,6
jumlah	7450	67	0,159			

Berikut ilustrasi perhitungan CLp, UCL, dan LCL cacat *tank washer* gelombang sesudah perbaikan, lebih jelas lagi disajikan pada Gambar 6.

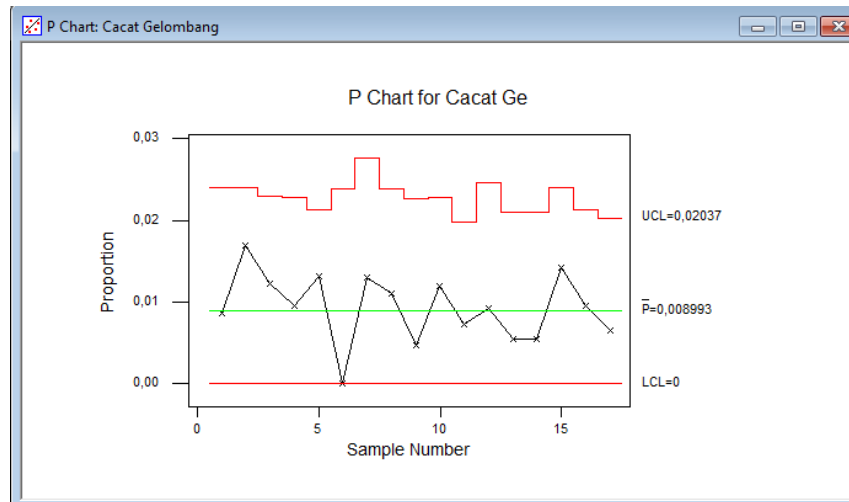
$$\text{Defect per Unit (CLp)} : \frac{\text{DEFECT}}{\text{UNIT}} : \frac{67}{7450} = 0,009$$

$$\begin{aligned} \text{UCL} & : \text{CLp} + 3\sqrt{\text{CLp} + (1 - \text{CLp})} \\ & : 0,009 + 3\sqrt{0,009 + (1 - 0,009)} = 0,026 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LCL} & : \text{CLp} - 3\sqrt{\text{CLp} + (1 - \text{CLp})} \\ & : 0,009 - 3\sqrt{0,009 + (1 - 0,009)} = -0,008 \end{aligned}$$

Kapabilitas proses = $1 - 0,009 = 0,991$
 Defect per unit = $D/U = 0,009$

Pengamatan dan pengambilan sampel kualitas dari cacat gelombang pada proses pembuatan *tank washer* dilakukan selama 17 hari kerja pada bulan Juni 2018 setelah mengaplikasikan SOP (*Standart Operational Procedure*).



Gambar 6 Peta Kendali p untuk cacat gelombang setelah perbaikan

Dari gambar peta kendali P diatas yang telah dilakukan pengamatan dan pengambilan data selama 17 hari pada bulan Juni dengan mengaplikasikan SOP untuk proses pembuatan *tank washer*. Didapatkan semua hasil produksi *tank washer* tidak ada yang keluar dari batas kendali atau *outoff control*.

Setelah menghitung Capability pada proses pembuatan *tank washer* selanjutnya adalah perhitungan sigma level setelah dilakukan perbaikan. Perhitungan nilai level sigma ini diperoleh berdasarkan tabel konversi DPMO ke nilai sigma level (tabel 4.9). berikut ini adalah formula atau rumus untuk mendapatkan nilai *Defect Per Unit* (DPU), *Defect Per Opportunities* (DPO), dan *Defect Per Milion Opportunities* (DPMO).

$$DPU = \frac{D}{U} : \frac{Defect}{Unit}$$

$$DPO = \frac{D}{TOP} : \frac{Defect}{Total Opportunities}$$

$$DPMO = DPO \times 1.000.000$$

= Defect Per Opportunities

Hasil perhitungan sigma level pada proses pembuatan *tank washer* setelah perbaikan sebesar 3,326 disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5 Perhitungan sigma level setelah perbaikan

Produk	Produksi	Total Cacat	Persentase Cacat	DPU	DPMO	Sigma Level
Tank Washer	7540	154	2,04	0,02042	20424	3,326

5 Kesimpulan

Terdapat tiga faktor penyebab terjadinya *reject* pada proses *blow molding* berupa cacat gelombang dalam proses pembuatan *tank washer*. Faktor pertama yang berpengaruh adalah faktor *Man*, disebabkan oleh masalah operator kurang memperhatikan instruksi dari *foreman* yang menyebabkan settingan mesin tidak sesuai dengan standar yang ditentukan. Penyebab kedua adalah pekerja kurang terampil akibat operator memiliki tugas rangkap. Faktor ketiga adalah faktor *Machine*, penyebabnya adalah pertama karena kompresor mesin *blow molding* tidak stabil dan kedua karena mesin sering macet.

Berdasarkan hasil evaluasi direkomendasikan untuk membuat SOP (*Standart Operational Procedur*) baru untuk mesin *Blow Injection*. Setelah penerapan SOP jumlah *reject* pada proses *blow molding* untuk pembuatan *tank washer* berhasil diturunkan dari semula 11 persen ke angka 2 persen, nilai *Sigma Level* meningkat dari 2,73 sebelum perbaikan menjadi 3,326 setelah perbaikan.

Referensi

- Crawford, R.J. (2002). *Plastic Engineering*. Oxford: Elseiver Buittenworth-Heinemann.
- Dreachslin, J.L., Lee, P.D. (2007). Applying six sigma and DMAIC to diversity initiatives. *Journal of Health Care Management*, 52, 6, pp 361 – 367.
- Gasperz, V. (2005). *Total Quality Management*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Gijo, E. V., Scaria, J., & Antony, J. (2011). Application of six sigma methodology to reduce defects of a grinding process. *Quality and Reliability Engineering International*, 27(8), 1221-1234.
- Harper, C.A. (2000). *Modern Plastic Handbook*. New York: McGraw-Hill.
- Juran, J.M. (1999). *Juran's Quality Handbook*, 5th Ed. New York: McGra-Hill.
- Kurnia, R., (2011). Analisis Pengendalian Kualitas Pada Perusahaan Manufaktur Dengan Pendekatan Metode Six Sigma, Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Lee, N.C. (2006). *Practical Guide to Blow Moulding*. North America: iSmithers Rapra Publishing.
- Montgomery, D.C. (2005). *Introduction to Statistical Quality Control*. 5th ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Mehrjerdi, Y.Z. (2011). Six Sigma: Methodology, tools and its future. *Assembly Automation*, 31 (1), pp 79 – 88.
- Nagi, A. & Altarazi, S. (2017). Integration of value stream map and strategic layout planning into DMAIC approach to improve carpeting process. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 10(1), pp 74-97.
- Pande, S.P., Neuman, R, P. & Cavanagh, R.R., (2002). *The Six Sigma Way: How GE, Motorola, & Other Top Companies are Honing Their Performance*. Terjemahan Probantini, D., *The Six Sigma Way: Bagaimana GE, Motorola, dan Perusahaan Terkenal lainnya Mengasah Kinerja Mereka*, Yogyakarta: Andi Yogyakarta.
- Pyzdek, T. (2000). *The Six Sigma Handbook*, Jakarta: Salemba Empat.
- Rosat, D.V. Rosat, A.V., DiMathia, D.P. (2004). *Blow Moulding Handbook*. Munchen. pp. 237-243.
- Spina, R., Walach, P., Schild, J., & Hopmann, C. (2012). Analysis of lens manufacturing with injection molding. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 13(11): pp 2087–2095.
- Strong, A.B. (2006). *Plastics: Materials and Processing*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Susetyo, J., Winarni & Hartanto, C. (2011). Aplikasi six sigma DMAIC dan Kaizen sebagai metode pengendalian dan perbaikan kualitas produk. *Jurnal Teknologi*, 4, 1, pp 78-87.
- Zaman, D. & Zerlin, N. (2017). Applying DMAIC methodology to reduce defects of sewing section in RMG: A case study. *American Journal of Industrial and Business Management*, 7, pp 1320-1329.