

## Pengendalian Kualitas Ketipisan Dinding Botol Kaca Berkarbonasi Pada Proses *Blow and Blow* Dengan Metode Six Sigma

Abid Zaidahul Barok <sup>1\*</sup>, Endang Pudji Purwanti <sup>2</sup>, dan Widya Emilia Primaningtyas <sup>3</sup>

Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111, Indonesia.<sup>1,3</sup>

Program Studi Teknik Perancangan dan Kontruksi Kapal, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111, Indonesia.<sup>2</sup>

\*Email: abidzaidahul11@gmail.com

---

**Abstract** - Non-returnable glass bottles for carbonated drinks produced by the blow and blow process have defects on the walls of the glass bottles, so that the production process is still rejected. Machine 11 had the highest reject percentage in June 2019 reached 1.20% with an average monthly reject percentage of 0.74%, this could cause harm to the company. This research aims to determine the cause of thinness of carbonated bottle walls below specifications, and also to find an effort to reduce the cause of thinness of carbonated bottle walls under specifications. The method used is Six sigma DMAIC. At the measure stage gets 4.09 sigma from the DPMO calculation and control diagram the p-chart has a statistically uncontrolled. In analyzing stage using FTA, there were 5 factors found; blank mold was replaced in productin, final blow time was too fast, counter blow time was too fast, blank mold was often repaired, swab was not done correctly, while the effort quality control to do was manually re-inject the bottles which came out of the newly replaced mold, check panel periodically during the job change process, to check final blow timing and counter blow timing, check mold lifetime, swab the dirty/ dry mold and did regular checks.

**Keyword:** Blow and Blow Process, Quality Control, Six Sigma, DMAIC, FTA

---

### Nomenclature

p	= Proporsi dari ketidak sesuaian
D	= Ketidak sesuaian atau cacat yang terambil
N	= Jumlah sampel yang terambil
$\bar{p}$	= Rata-rata proporsi cacat
$\sum_{i=1}^m Di$	= Total dari cacat yang terambil
$\sum_{i=1}^m ni$	= Total sampel yang terambil
UCL	= Batas kontrol atas
LCL	= Batas kontrol bawah
CL = $\bar{p}$	= Garis tengah / rata-rata dari proporsi
D	= Jumlah Defect
U	= Jumlah Unit
O	= Jumlah Kesempatan yang akan mengakibatkan cacat
DPO	= Jumlah Defect Per Kesempatan
DPU	= Jumlah Defect Per Unit

### 1. PENDAHULUAN

Industri manufaktur yang bergerak pada bidang pembuatan wadah kaca menjadi peran penting dalam mempertahankan kualitas suatu produk, beberapa produk yang dihasilkan dari manufaktur wadah kaca meliputi wadah minuman, pestisida/racun, bidang farmasi dan sebagainya. *Blow and blow* merupakan suatu proses manufaktur wadah berongga pada suatu gelas kaca, memiliki mekanisme kerja dengan dua kali tahap peniupan, yang pertama meniup potongan lelehan kaca (*gop*) untuk membentuk bibir botol (*finish*), juga untuk membentuk

parison. Sedangkan tahap peniupan kedua untuk meniup *parison* yang sudah dipindahkan ke *mould*, sehingga dapat membentuk sebuah botol. Dalam proses *blow and blow* satu botol membutuhkan dua cetakan, satu cetakan untuk membentuk *parison* botol, sedangkan yang kedua untuk membentuk dinding luar botol.

Perkembangan zaman semakin maju, semakin banyak pula permintaan konsumen yang memiliki standar terhadap botol kemasan masing-masing, kualitas dalam suatu produk harus dapat memenuhi faktor-faktor tujuan dari produk yang dihasilkan, dan apabila suatu produk tersebut tidak memenuhi standar permintaan, maka konsumen akan membuat keluhan terhadap produsen. Untuk menarik perhatian konsumen berbagai cara dapat dilakukan oleh perusahaan, seperti meningkatkan kualitas produk, memberi variasi produk dan lain sebagainya sehingga konsumen menjadi lebih tertarik. Sementara itu, untuk menjaga konsistensi kualitas produk dan jasa yang dihasilkan dan sesuai dengan tuntutan pasar, perlu dilakukan pengendalian kualitas (*quality control*) atas aktivitas proses yang dijalani.

Data persentase *reject* pada bulan Juni dalam 24 jam menunjukkan bahwa, *reject* akibat adanya gelembung pada dinding botol sebanyak 0.51%, *reject* akibat adanya butiran pada dinding botol sebanyak 0.65% dan *reject* akibat ketebalan dinding botol dibawah spesifikasi

standar sebanyak 1,18%. Dengan adanya permintaan kualitas yang baik sesuai dengan jenis kebutuhannya, penulis memfokuskan untuk meneliti mengenai kualitas ketebalan botol kaca, untuk jenis *non-returnable* pada minuman berkarbonasi pada proses *blow and blow*. Persentase *reject* botol relatif banyak pada mesin nomor 11, persentase *reject* pada bulan Maret 2019 hingga bulan Juni 2019 mengalami kenaikan yaitu pada bulan Maret 0.74%, bulan April 0.82%, bulan Mei 1.0% dan bulan Juni sebanyak 1,66%. Pada bulan Juni persentase *reject* terjadi pada *shift* pagi 73.8%, *shift* sore 13.8% dan *shift* malam 12.4%. Tentu saja hal seperti ini menjadikan kerugian untuk perusahaan sebagai produsen baik segi waktu, biaya dan juga tenaga.

## 2. METODOLOGI .

### 2.1 Six Sigma

Menurut Pande dalam (1) mendefinisikan *six sigma* sebagai sistem yang komprehensif dan fleksibel untuk mencapai, mempertahankan dan memaksimalkan sukses bisnis. *six sigma* secara unik dikendalikan oleh pemahaman yang kuat terhadap kebutuhan pelanggan, penggunaan yang disiplin terhadap fakta, data, analisis statistik dan perhatian yang cermat untuk mengelola, memperbaiki proses bisnis.

Define Menurut (2) menjelaskan terdapat tiga aktivitas utama yang berkaitan dengan mendefinisikan proses inti dan para pelanggan. Menurut (Lusiana, 2007) dalam (3), *measure* merupakan langkah operasional yang kedua dalam program peningkatan kualitas *six sigma*. Pada tahap analisis merupakan tahap dilakukan identifikasi akar penyebab masalah dengan berdasarkan pada analisis data. Menurut (4), pada langkah *improve* diterapkan suatu rencana tindakan untuk melaksanakan peningkatan kualitas *six sigma*. Rencana tersebut mendeskripsikan tentang alokasi sumber daya serta prioritas atau alternatif yang dilakukan. *Control* merupakan tahap akhir yang dilakukan dalam peningkatan kualitas *six sigma*. Langkah terakhir ini bertujuan untuk melakukan kontrol dalam setiap kegiatan, sehingga memperoleh hasil yang baik dan dapat mengurangi waktu, masalah, dan biaya yang tidak dibutuhkan (5).

### 2.2 Peta Kendali P

Diagram kontrol p adalah diagram kontrol yang menggunakan proporsi dari ketidaksesuaian produk dalam suatu sampel yang sedang diinspeksi. Dengan diagram kontrol ini, jumlah sampel tiap inspeksi diambil secara periodik dan jumlah sampelnya berbeda-beda tiap inspeksi atau pengamatan dalam (6)

$$p = \frac{D}{n} \quad (1)$$

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^m Di}{\sum_{i=1}^m ni} \quad (2)$$

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

$$CL = \bar{p} \quad (4)$$

$$LCL = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (5)$$

### 2.3 Defects Per Million Opportunities (DPMO)

Beberapa organisasi hanya fokus pada tingkat cacat pada akhir proses. Menurut (7), penghitungan cacat per unit dapat memberikan wawasan tambahan tentang suatu proses dengan memasukkan jumlah peluang kegagalan. Metrik cacat per unit mempertimbangkan jumlah peluang kegagalan dalam perhitungan.

$$DPU = \frac{D}{U} \quad (6)$$

$$DPO = \frac{DPU}{O} = \frac{D}{U \times O} \quad (7)$$

$$DPMO = DPO \times 10^6 \quad (8)$$

### 2.4 Fault Tree Analysis (FTA)

*Fault Tree Analysis* adalah suatu analisis pohon kesalahan secara sederhana dapat diuraikan sebagai teknik analitis. Pohon kesalahan adalah suatu model grafis yang menyangkut berbagai paralel dan kombinasi percontohan kesalahan-kesalahan yang akan mengakibatkan kejadian dari peristiwa tidak diinginkan yang sudah didefinisikan sebelumnya atau juga dapat diartikan merupakan gambaran hubungan timbal balik yang logis dari peristiwa-peristiwa dasar yang mendorong ke arah peristiwa yang tidak diinginkan menjadi peristiwa puncak dari pohon kesalahan tersebut (8).

### 2.5 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Menurut (9) FMEA adalah sebuah cara teknis yang digunakan untuk mendefinisikan, mengidentifikasi dan menghilangkan potensial kegagalan, masalah, kesalahan dan sebagainya dari suatu sistem, desain, proses dan pelayanan sebelum sampai kepada *customer*.

*Risk Priority Number* (RPN) adalah sebuah teknik yang digunakan untuk menganalisis risiko dengan menghubungkan potensial masalah yang diidentifikasi dalam *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Tingkat potensi masalah sesuai dengan 3 *rating* skala RPN yang pertama yaitu *severity* merupakan tingkat keparahan dari efek potensial bentuk dari kegagalan. *Occurrence* merupakan tingkat yang menyatakan kemungkinan suatu kegagalan akan terjadi. *Detection* merupakan tingkat yang menyatakan

kemungkinan sebuah *failure mode* dapat dideteksi.

$$RPN = S \times D \times O \quad (9)$$

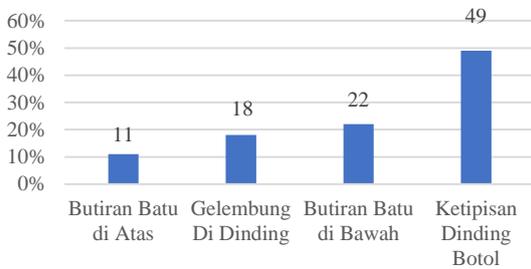
Setelah nilai RPN keseluruhan komponen didapatkan, selanjutnya dilakukan penentuan komponen kritis, suatu komponen dikategorikan sebagai komponen kritis jika memiliki nilai RPN diatas nilai kritis (Revitasari, 2014).

$$\text{Nilai kritis RPN} = \frac{\text{Total nilai RPN}}{\text{Jumlah RPN}} \quad (10)$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Define

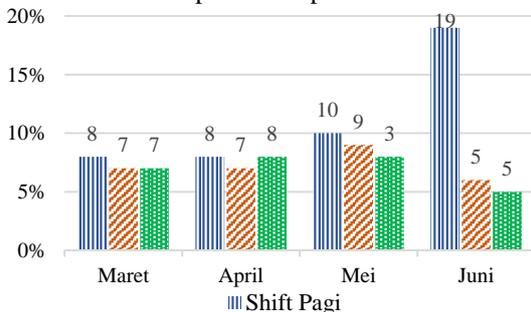
Diagram batang temuan cacat hasil produksi berdasarkan data *reject* dari data *correctivevent* perusahaan yang menunjukkan presentasi cacat akibat ketebalan botol, ditemukan cacat hasil produksi proses *blow and blow*.



Gambar 1. Cacat Ketebalan Dinding Botol Tahun 2019

Dari Gambar 1 dengan spesifikasi cacat yang ditemukan adalah sebesar 11% cacat ada batu di atas, 18% cacat gelembung, 22% cacat ada batu di bawah dan 49% cacat ketipisan dinding. Dari keempat cacat tersebut, cacat ketipisan dinding menunjukkan persentase yang paling tinggi dengan jumlah 4433 produk, Sehingga cacat ketipisan dinding inilah yang diprioritaskan untuk dilakukan analisis dan perbaikan.

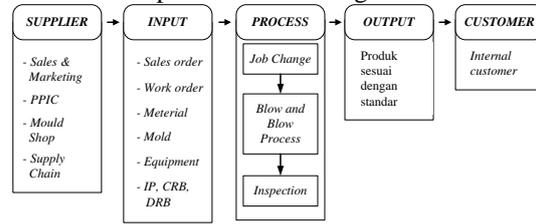
Adapun persentase cacat ketipisan dinding selama 4 bulan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Persentase Cacat Ketipisan Botol tahun 2019

Gambar 2 tersebut dapat dilihat bahwa setiap bulannya mengalami kenaikan mulai dari bulan Maret sampai April dan di *shift* pagi memiliki persentase lebih tinggi dari *shift* lainnya.

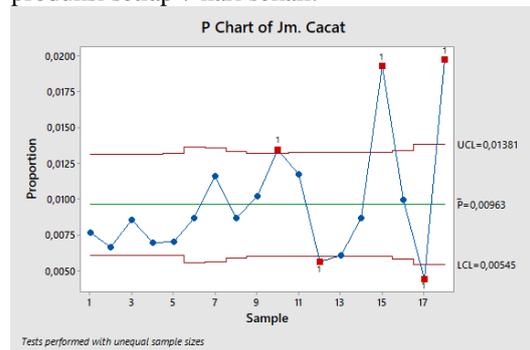
Diagram SIPOC ini berfungsi untuk mengetahui semua proses yang terjadi, mulai dari pihak pengadaan material sampai ke pihak konsumen, sehingga dapat lebih mudah dalam menganalisis faktor-faktor penyebab kegagalan karena aliran produksi sudah tergambar.



Gambar 3. Diagram SIPOC

#### 3.2 Measure

Analisis pada kali ini dilakukan dari data perusahaan yang memproduksi botol kaca berkarbonasi 140 ml. Khususnya pada bulan Maret hingga Juni. Pada fase ini pengukuran dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* Minitab, yaitu dengan menggunakan peta kendali (*control chart*) berjenis *P-Chart*, melakukan pengukuran dengan 18 pengamatan, 1 pengamatan didapatkan dari rata-rata produksi selama 30 menit dari jumlah cacat dan jumlah produksi setiap 7 hari sekali.



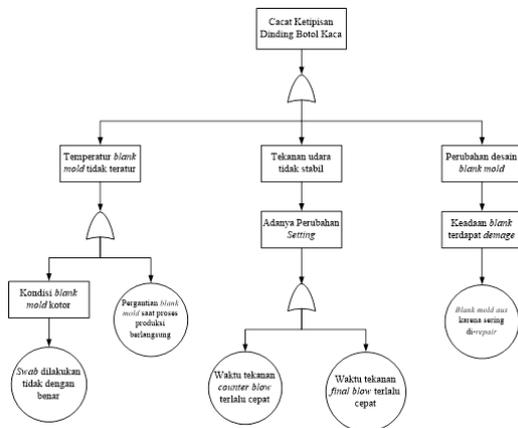
Gambar 4. Grafik Peta Kendali P

Gambar 4 menunjukkan bahwa rata-rata jumlah cacat pada produk botol kaca yang mengalami ketipisan dinding, dengan 18 kali pengamatan, sebesar 0.00963 dengan batas kendali atas dan bawah yang berbeda-beda, menunjukkan bahwa ada *plot* yang keluar dari batas kendali sebanyak 5 pengamatan. Sehingga dapat dikatakan bahwa produksi botol kaca dengan jenis kecacatan ketipisan dinding botol belum terkendali secara statistik.

Perhitungan nilai DPMO diperoleh nilai sebesar 4758, sehingga dapat disimpulkan bahwa 4758 merupakan peluang terjadinya cacat per satu juta dalam produksi. Kemudian di konversikan ke tabel *sigma*. Diperoleh nilai 4,09 *sigma*, yang mengartikan bahwa kemampuan produksi botol kaca memiliki kemampuan sekitar 4,09 *sigma* dari 6 *sigma*.

### 3.3 Analisis

Fase analisis menggunakan FTA penulis melakukan identifikasi akar permasalahan yang menyebabkan tingginya cacat ketipisan dinding botol. Dalam pembuatan FTA dilakukan *brainstorming* dengan pihak *Expert Judgment* yang memenuhi persyaratan, dapat dilihat pada Gambar 5



Gambar 5. Diagram FTA dari cacat ketipisan dinding botol

Dari Gambar 5 menunjukkan 5 kejadian yang menyebabkan terjadinya cacat ketipisan dinding botol kaca diantaranya *swab* tidak dilakukan dengan benar, Pergantian *blank mold* saat proses produksi berlangsung, waktu *counter blow* terlalu cepat, waktu *final blow* terlalu cepat, *blank mold* aus karena sering di-*repair*. Jika tidak dilakukan perbaikan berdasarkan penyebab atau akar permasalahan yang telah diketahui, hal ini dapat menyebabkan produk tidak sesuai dengan standar yang ditentukan.

Tabel FMEA yang berfungsi untuk mengidentifikasi dan mencegah suatu kegagalan, dengan menentukan prioritas permasalahan yang perlu dilakukan perbaikan terlebih dahulu.

Tabel 1 : Tabel FMEA

Mode Kegagalan	Akibat dari Mode Kegagalan	Penyebab Kegagalan	S	O	D	RPN
Cacat Ketipisan Dinding Botol yang persentasenya tinggi	Banyak produk yang <i>reject</i>	Pergantian <i>blank mold</i> saat proses produksi berlangsung	7	9	9	567
		Waktu <i>final blow</i> terlalu cepat	8	7	9	504
		Waktu <i>counter blow</i> terlalu cepat	8	7	8	448
		<i>Blank mold</i> aus karena sering di- <i>repair</i>	7	8	8	448
		<i>Swab</i> tidak dilakukan dengan benar	7	7	5	245

### 3.4 Improve

Pada Tabel 2 merupakan usulan perbaikan kualitas ketipisan dinding botol (*Inspect Panel Thickness Bellow*) dari peneliti dan *expert*

*judgment*. Dengan mode kegagalan Cacat Ketipisan Dinding Botol yang persentasenya tinggi.

Tabel 2 : Usulan Tindakan Perbaikan

Penyebab Kegagalan	Usulan Tindakan Perbaikan	Waktu Perbaikan	Peningkatan Jawaban	Hasil Yang diharapkan
Pergantian <i>blank mold</i>	Me- <i>reject</i> hasil cetakan awal, sebelum masuk ke tahap selanjutnya.	one week	Engineering Mold shop	Tidak ada botol hasil cetakan <i>mold</i> rendah temperatur masuk ke leher
Waktu <i>final blow</i>	Memeriksa <i>final blow timing</i> jika terlalu dini, dapat dilakukan penambahan daan tidak melebihi standar yang ditentukan.	one week	Supervisor Forming	Ketebalan dinding botol hasil <i>final blow</i> merata
Waktu <i>counter blow</i>	Memeriksa <i>counter blow timing</i> dapatkah ditambah sesuai standar yang telah ditentukan.	one week	Supervisor Forming	<i>Counter blow timing</i> masih dalam standar yang ditentukan
<i>Blank mold</i> aus	Selalu memeriksa <i>blank mold life time</i> dan banyaknya <i>repair</i> sebelum <i>Job change</i>	one week	Supervisor Mold shop	Tidak ada <i>blank mold</i> yang <i>over repair</i> masuk ke <i>job change</i>
<i>Swab</i>	Selalu memeriksa <i>mold</i> , melakukan <i>swab</i> ketika <i>mold</i> sudah terlihat kotor/kering.	one week	Engineering Forming	Issue <i>mold</i> kotor berkurang.

### 3.5 Control

Dari hasil perbaikan yang telah dilakukan dapat dilihat dari hasil produksi botol kaca berkarbonasi selama 7 hari, didapatkan produk botol cacat akibat ketipisan dinding botol sebanyak 4.381 botol dari total produksi sebanyak 2.187.360 botol, atau persentase produk cacat sebanyak 0,20% dari total produksi.

Berdasarkan analisis dan pembahasan pada perhitungan nilai *sigma* terdapat kenaikan 0,31 *sigma* dari nilai 4,09 *sigma* menjadi nilai 4,40 *sigma*, yang berarti bahwa potensi kesalahan dalam produksi menjadi semakin turun, sehingga jumlah cacat yang terjadi akibat ketipisan dinding botol yang dihasilkan semakin sedikit. Menurut (10), "Semakin tinggi nilai *sigma* yang dicapai, maka semakin sedikit potensi kesalahan dalam produksi".

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di industri manufaktur botol kaca, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. faktor penyebab tingkat ketipisan dinding botol berkarbonasi yang tidak sesuai dengan spesifikasi:
  - a. Pergantian *blank mold* saat proses produksi berlangsung.
  - b. Waktu *final blow* terlalu cepat.
  - c. Waktu *counter blow* terlalu cepat.
  - d. Keadaan *blank mold* aus karena sering di-repair.
  - e. *Swab* tidak dilakukan dengan benar.
2. Upaya dalam mereduksi tingkat ketipisan dinding botol antara lain:
  - a. *Me-reject* secara manual botol yang keluar dari pergantian *blank mold* saat proses produksi berlangsung, dilakukan sampai botol memiliki tempetatur sesuai standart, yang mempunyai nilai RPN tertinggi dari faktor lain.
  - b. Melakukan pengecekan panel secara berkala saat proses *job change*, untuk memeriksa *final blow timing* dan *counter blow timing* agar sesuai dengan standar yang ditentukan.
  - c. Memeriksa *mold life time* dan banyaknya repair sebelum *job change*, supaya tidak ada *mold* yang *over repair* yang digunakan untuk produksi.
  - d. Melakukan *swab* pada *mold* yang kotor/kering dan pemeriksaan secara rutin, agar temperatur *blank mold* stabil.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Orang tua penulis Bapak Ahmad Ghufron dan Ibu Lilik Ismawati, adik penulis Shokhikhul Ilmi dan seluruh keluarga besar yang senantiasa memberikan dukungan, doa, perhatian, nasihat, saran serta mencukupi kebutuhan penulis. Bapak Ir. Eko Julianto, M.Sc., FRINA selaku Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Bapak George Endri Kusuma, S.T.,M.Sc.Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Permesinan Kapal. Bapak Pranowo Sidi, S.T., M.T. selaku Koordinator Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur. Ibu Dra. Endang Pudji Purwanti, M.T. Dosen Pembimbing I. Ibu Widya Emilia Primaningtyas, ST., MT. Dosen Pembimbing II saran dan ilmu kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Bapak Farizi Rachman, S.Si., M.Si selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur Bapak. Seluruh teman-teman Teknik Desain dan Manufaktur angkatan 2016 serta seluruh pihak yang memberikan bantuan baik materi maupun rohani dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.

#### 7. PUSTAKA

- [1] Febriana, S., 2007. Penerapan Metode Six Sigma DMAIC untuk Perbaikan Kualitas Fisik Batang Rokok Merk Samudra Emas 16 Pada Cigarette Maker Machine. Skripsi, Universitas Sebelas Maret, p. 21.
- [2] Pande, P. S., Neuman, R. P. & Cavanagh, R. R., 2002. The Six Sigma Way. Yogyakarta: Andi
- [3] Ulinnuha, F., 2019. Penerapan Six Sigma Untuk Pengendalian Kualitas Produksi di Industri Packaging. Tugas Akhir Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, pp. 9-10.
- [4] Anjayani, I. D., 2011. Analisis Pengendalian Kualitas Produk dengan Metode Six Sigma pada CV. Duta Java Tea Industri Adiwerna – Tegal.. Semarang: Skripsi, Universitas Negeri Semarang.
- [5] Oktavianto, D., 2013. Analisis Kecacatan Produk Aqua dalam Upaya Perbaikan Kualitas dengan Metode DMAIC. Skripsi Universitas Pakuan, Bogor.
- [6] Montgomery, D. C., 2009. Introduction to Statistical Quality Control Sixth Edition. United States of America: John wiley & Sons, Inc..
- [7] Breyfogle, F. W., 1999. Implementing Six Sigma Smarter Solutions Using Statistical Methods. New York: John Wiley & Sons Inc..
- [8] Sulistyoko, E., 2008. Analisis Penerapan Program Keselamatan Kerja Dalam Usaha Meningkatkan Produktivitas Kerja dengan Pendekatan Fault Tree Analysis. Tugas Akhir Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [9] Stamatis, 1995. Failure Mode and Effect Analysis. United States Of America: ASQC.
- [10] Pyzdek, T., 2003. The Six Sigma Handbook. 2nd penyunt. America: The McGraw Hill Companies.