

## MEREDUKSI CACAT BOTOL PLASTIK DENGAN PENDEKATAN SIX SIGMA DAN FUZZY

Fahmi Indra Nurrahman<sup>1)</sup>, Dwi Nurul Izzhati<sup>2)</sup>, Rudi Tjahyono<sup>3)</sup>

Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Dian Nuswantoro

Jl. Nakula I No 5-11 Semarang, Jawa Tengah 50131

Email: fahmiindran@gmail.com<sup>1)</sup>, dwi.nurul.izzhati@dsn.dinus.ac.id<sup>2)</sup>,  
rudi.tjahyono@dsn.dinus.ac.id<sup>3)</sup>

### **Abstract**

*CV Jordan is plastics manufacturing company located in Semarang, Central Java. One of the products produced is PET plastic bottle. In an effort to control products quality, the company has a defects target with maximum value of 2 % per month. However, in fact, the number of product defect increased to 4.69% in October 2018 to March 2019. In this paper, Six Sigma method is used as an approach to overcome the problem of reducing products defects. The stages of Six Sigma method consist of Define, Measure, Analyze, Improve and Control. Even though, the limitation in this paper does not to examine control stage. At Define stage, types of defects identified in PET bottle are leakage, lumpy body, drop test, cut line, shake, convex head, dirty oil, tilted neck, dent ring, slip, pseudo burn, pseudo white, oblique stretch, and thin thickness. Also identified, the cause of dominant defect is the temperature changes in preform machine. The Measure stage, DPMO during the period October 2018 to March 2019 was 46,912 pcs with sigma value of 3.18. Analysis of factors causing defects in the three highest types off defects ie dent ring, pseudo white and rocking are explained at the Analyze stage. In the Improve stage, the temperature of the preform heating machine is stabilized using the fuzzy logic method at 58° Celsius.*

**Keywords** : PET, Six Sigma, Quality Control, DMAIC, Fuzzy

### **Abstrak**

CV Jordan Plastik adalah perusahaan plastik yang berada di Semarang. Produk yang dihasilkan diantaranya adalah botol plastik PET. Perusahaan menargetkan maksimal produk cacat rata-rata 2% perbulan, namun realisasinya ada kenaikan produk cacat pada periode Oktober 2018 sampai Maret 2019 menjadi 4,69%. Untuk mengendalikan permasalahan ini dan mereduksi produk cacat, peneliti menggunakan pendekatan Metode Six Sigma. Tahapan dari metode Six Sigma meliputi *Define, Measure, Analyze, Improve dan Control*. Pada penelitian ini tidak membahas pada tahapan *control* hanya sampai tahap *Improve*. Pada tahap *Define* diketahui jenis cacatnya botol PET yaitu bocor, body menggumpal, drop test, garis motong, goyang, kepala cembung, kotor oli, leher miring, ring penyok, selip, semu gosong, semu putih, stretch miring, dan tebal tipis dan penyebab cacat dominan adalah suhu mesin preform berubah-ubah. Tahap *Measure*, DPMO selama periode Oktober 2018 sampai Maret 2019 sebesar 46.912 pcs dengan nilai sigma 3,18. Tahap *Analyze*, analisis faktor yang menyebabkan cacat pada tiga jenis cacat tertinggi yaitu ring penyok, semu putih dan goyang. Pada tahap *Improve* dilakukan penstabilan suhu mesin pemanas preform dengan metode logika fuzzy pada suhu 58 Celcius.

**Kata Kunci** : PET, Six Sigma, Pengendalian Kualitas, DMAIC, Fuzzy

## I. Pendahuluan

Situasi perindustrian manufaktur di Indonesia mengalami kemajuan yang cukup pesat, sehingga semakin banyak terjadi kompetisi yang cukup ketat diantara perusahaan-perusahaan untuk menarik minat dan daya tarik konsumen agar tetap bisa bersaing. Tentunya perusahaan akan menjaga kualitas produknya dan memberikan pelayanan yang terbaik agar kepuasan konsumen tetap stabil dan terjaga. Tetapi situasi ini memaksa suatu perusahaan untuk terus menerus memperbaiki dan mempertahankan kualitas hasil produksi perusahaan. Upaya yang biasanya dilakukan untuk tetap menjaga agar dapat bersaing dengan perusahaan yakni meminimalkan jumlah defect pada proses produksi agar tidak terjadi pengulangan kembali proses produksi yang juga akan menambah biaya produksi [1].

Defect atau produk cacat yaitu kualitas suatu produk yang akan menyebabkan kesalahan yang cukup fatal terhadap suatu proses produksi perusahaan [1]. Apabila jumlah produk yang cacat atau defect semakin banyak tentu akan menurunkan bahkan merusak nama baik perusahaan dimata konsumen karena suatu konsumen akan menilai baik buruknya perusahaan dari segi produk yang dihasilkan perusahaan sesuai atau tidak dengan permintaan yang diinginkan [2].

Jordan Plastik atau CV. Jordan merupakan perusahaan yang bergerak di industri manufaktur proses produksi botol plastik yang berskala menengah ke atas. Jordan Plastik beralamat di Jalan Industri VXII no. 42 LK (Lingkungan Industri Kecil), Bugangan Baru Semarang.

Jenis botol Plastik yang di hasilkan dari CV Jordan adalah jenis botol HDPE (*High Density Polyethylene*), dan PET (*Preform*). Contoh hasil produksi dari PET yaitu PET 330 ml Rocket, PET J 500, PET 250 ml dan lain-lain. Mesin yang digunakan untuk PET adalah SBM (*Stretching Blow Moulding*) dan ABM (*Automatic Blow Moulding*). Untuk contoh hasil produk HDPE sendiri di bagi menjadi dua mesin yaitu

1. Mesin *Inject* (INJ)

Contoh produk yang dari mesin *inject* hasilkan yaitu tutup cat, tutup gallon, tutup botol mineral dan masih banyak lagi.

2. Mesin *Extrusion Blow Moulding* (EBM)

Contoh produk yang dari mesin EBM hasilkan yaitu M 500 60 gr, M 250 25 gr, M 100 Not dan lain masih banyak lagi.

Tetapi dari keempat mesin tersebut masih banyak terdapat cacat atau *defect* khususnya pada hasil produksi PET dibandingkan produksi HDPE yang cacat produknya dapat di daur ulang dengan mesin *mixing*. Dalam proses produksi PET perusahaan mempunyai batas minimum standar untuk produk cacat yakni 2% per bulan akan tetapi jumlah produk cacat masih melebihi dari batas minimum dari yang perusahaan tentukan. Berikut data produksi dan persentase produk cacat bulan Oktober 2018 – Maret 2019.

**Tabel 1. Cacat atau *defect* produk pada produksi PET periode Oktober- Desember 2018**

Bulan	Total Produksi (pcs)	Reject (pcs)	Persentase (%)
Oct-18	1088349	43041	3.95
Nov-18	1015536	43383	4.27
Dec-18	745274	38124	5.12
Jan-19	1056408	47786	4.52
Feb-19	918827	46427	5.05
Mar-19	1044356	56555	5.42

Cacat atau *defect* untuk produksi PET tidak dapat didaur ulang sehingga produk yang cacat di jual ke penjual dengan harga yang seadanya hal ini menyebabkan kerugian untuk perusahaan. Untuk memperoleh suatu kualitas yang diharapkan oleh CV Jordan maka memerlukan peningkatan dalam hal kualitas.

**2. Metode Penelitian**

Tahapan dalam metode Six Sigma adalah sebagai berikut:

a. *Define*

Pada tahapan dilakukan tindakan untuk mengetahui proses proses yang dilakukan di Departemen PET yang bertujuan untuk pengendalian kualitas agar persentase cacat dan nilai sigma meningkat.

Tahapannya :

- a. Identifikasi jenis cacat pada produksi PET
- b. Identifikasi faktor penyebab *defect* menggunakan work sampling  
Waktu kunjungan : Jam Buka +(Bil Random) x Jarak Kunjungan

b. *Measure*

Pada tahapan ini yang dilakukan adalah menentukan karakteristik kualitas, perhitungan diagram P Chart, DPMO, nilai sigma dan CTQ untuk menentukan jenis cacat tertinggi.

a. Penentuan CTQ (*Critical to Quality*)

Adalah atribut penting yang berkaitan suatu kepuasan dan tomer [2]. Dalam penelitian ini CTQ di ambil dari perhitungan jumlah *defect* 3 terbesar dalam jenis cacat dari bulan Oktober 2018 sampai Maret 2019, kemudian mendefinisikan *stratification* penyebab cacat yang terdapat di produksi PET secara detail per jenis *defect* yang terjadi.

b. Perhitungan nilai six sigma dan DPMO (Defect Per Million Oppertunities)

Nilai DPU dan DPMO berfungsi untuk menghitung nilai six sigma dari keseluruhan hasil produksi di Produksi PET.

DPU (Defect Per Unit)

$$DPU = \frac{\text{jumlah kerusakan}}{\text{jumlah hasil produksi}} \quad [2]$$

DPMO (Defect Per Million Oppertunities)

$$DPMO = \frac{\text{jumlah cacat/defect}}{\text{jumlah hasil produksi}} \quad [2]$$

c. *Analyze*

Tahapan ini akan dilakukan analisa penyebab terjadinya masalah pada produksi botol jenis PET.

- a. Menganalisis penerapan CTQ yang telah di hitung pada tahap *measure*.
- b. Menganalisis diagram sebab akibat

d. *Improve*

Setelah mengetahui faktor utama penyebab kecacatan atau *defect* maka dilakukan rencana perbaikan. Perbaikan mengenai faktor penyebab *defect* yang dominan menggunakan logika fuzzy metode Tsukamoto. Tahapan dala fuzzy tsukamoto adalah

a. *Fuzzufucation*

Tahapan awal dimana untuk memetakan nilai fungsi keanggotaan yang akan di masukan ke dalam sistem fuzzy [4]. Data ini di ambil dari penelitian langsung di lantai produksi PET.

b. *Rule Evaluation*

Tahap rule evaluation akan dilakukan pengecekan, evaluasi, dan pengambilan keputusan dari himpunan fuzzy dengan penentuan aturan basis sesuai dengan kondisi yang ada di Produksi PET [5].

c. *Aturan Infernce*

Proses menggunakan fungsi MAX karena menggunakan penghubung OR untuk mendapatkan nilai  $\alpha$ -predikat dari tiap-tiap rule ( $\alpha-1, \alpha-2, \alpha-3, \dots$ ). Setelah itu menghitung nilai keluaran hasil inference dari masing-masing rule ( $z-1, z-2, z-3, \dots$ ) [4].

d. *Defuzzification*

Tahap ini memetakan nilai kedalam nilai fuzzy atau nilai crisp. Terdapat beberapa metode yang ada di *defuzzication* yaitu *Centeroid*, *first of max*, *last of max*, dan sebagainya [4]. Pada penelitian ini digunakan logika fuzzy metode Tsukamoto karena nilai yang paling mendekati dengan rumus  $Z = \frac{\sum a-1 \cdot z-1}{a-1}$  [5].

**3. Hasil dan Analisis**

**3.1 Pengumpulan Data**

Pada tahapan pengumpulan data menggunakan data produksi pada periode Oktober 2018 sampai Maret 2019 untuk mengetahui tingkat persentase tingkat cacat dan nilai sigma pada Departemen PET. Berikut ini persentase cacat periode Oktober 2018 sampai 2019.

**Tabel 2. Rekapitulasi hasil proses produksi**

Bulan	Total Produksi (pcs)	Reject (pcs)	Persentase (%)
Oct-18	1088349	43041	3,95
Nov-18	1015536	43383	4,27
Dec-18	745274	38124	5,12
Jan-19	1056408	47786	4,52
Feb-19	918827	46427	5,05
Mar-19	1044356	56555	5,42

**3.2 Pengolahan Data**

Dalam proses pengolahan data pengendalian kualitas ada beberapa tahap yang meliputi *define*, *measure*, *analyze*, *improve* dan *control* [3].

**1. Define**

- a. Identifikasi jenis cacat yang menjadi faktor utama cacat pada produk Berdasarkan permasalahan pada perusahaan terdapat bocor, body menggumpal, *drop test*, garis motong, goyang, kepala cembung, kotor oli, leher miring, ring penyok, selip/nyicil, semu gosong, semu putih, *stretch* miring dan tebal tipis.

**Tabel 3. Jenis cacat yang menjadi faktor utama cacat produk**

Jenis Cacat	Definisi
Bocor	Cacat yang berbentuk lubang yang jelas yang dapat di lihat oleh mata
Drop test	Cacat yang terlihat apabila dites dengan di isi air
Garis motong	Cacat yang terdapat bagian leher botol terdapat warna yang tidak sama
Semu putih	Cacat yang berakibat warna dari botol tidak bening atau berwarna sedikit putih
Goyang	Cacat yang di terjadi karena <i>preform</i> dicetak tidak merata sehingga permukaan pada bagian badan botol tidak sama
Kepala cembung	Cacat yang mengakibatkan kepala botol tidak rata
Kotor oli	Cacat pada bagian dalam botol berbentuk bintik hitam
Leher miring	Cacat yang terdapat pada leher botol satu dengan yang lainnya tidak lurus
Ring penyok	Ring penyok terdapat pada bagian kepala botol
Selip/nyicil	Tidak rata pada bagian badan botol titik temu botol
Semu gosong	Terdapat warna putih yang cukup besar pada bagian pantat botol
Stretch miring	Cacat yang garis titik tengah pada bagian pantat botol tidak pas pada tengah
Body menggumpal	Cacat pada bagian tubuh botol terdapat gumpalan seperti gelembung

- b. Identifikasi jenis cacat yang menjadi faktor utama cacat pada produk Pada penelitian ini menggunakan work sampling dengan waktu kunjungan 10 menit. Berikut hasil work sampling:

**Tabel 4. Frekuensi faktor penyebab defect**

Penyebab Defect	Jumlah	Persentase (100%)
Suhu Pemanas Berubah	88	42,11
Human error	47	22,49
Sill kotor	29	13,88
Tekanan Angin tdk sesuai	23	11,00
Molding Bergeser	14	6,70
Kualitas Preform	8	3,83

**2. Measure**

- a. Penetapan CTQ  
 Penetapan CTQ untuk menentukan jenis cacat terbesar. Berikut Tabel rekap perhitungan CTQ.

**Tabel 5. Rekapitulasi 3 jenis cacat produk tertinggi PET**

Jenis Cacat	Jumlah cacat
Goyang	37473
Semu putih	72733
Ring penyok	29486

- b. Perhitungan Nilai DPMO (*Defect per Million Opportunities*) dan nilai six sigma  
 Nilai DPU dan DPMO dihitung untuk mengukur nilai six sigma dari hasil produksi di CV Jordan Plastik, caranya sebagai berikut :

**Tabel 6. Hasil rekapitulasi perhitungan DPU, DPMO dan Six Sigma bulan Oktober 2018- Maret 2019**

Bulan	DPMO	Nilai Sigma
Oct-18	39547	3,26
Nov-18	42719	3,22
Dec-18	51155	3,13
Jan-19	44824	3,20
Feb-19	50528	3,14
Mar-19	54153	3,11
Rata-rata	46912	3,18

3. Analyze

Analyze merupakan lanjutan dari hasil pengolahan data ditahap *measure*. Pada tahapan ini dilakukan analisa CTQ (*Critical To Quality*) dengan Diagram Sebab Akibat Berdasarkan data yang ada di tahap *measure* telah di dapatkan 3 jenis cacat atau *defect* produk yaitu Semu putih, goyang dan ring penyok.

Tiga cacat tersebut diidentifikasi sebagai berikut :

1. Semu putih

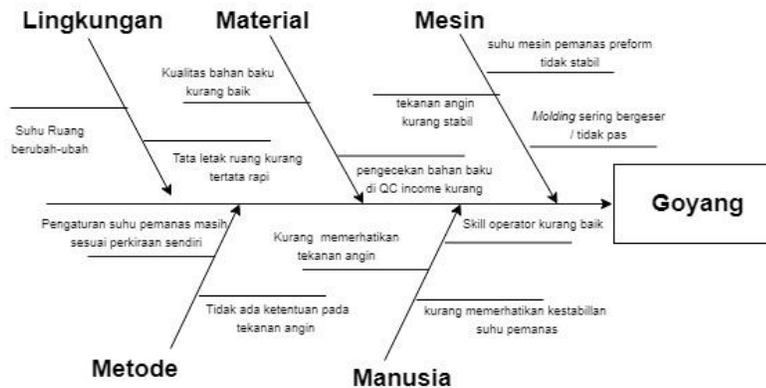
Cacat jenis semu putih adalah jenis cacat produk yang berbentuk seperti goresan berwarna putih yang seharusnya berwarna bening, hal ini biasanya disebabkan karena suhu pemanas preform tidak stabil sehingga menyebabkan tidak meratanya panas preform.



Gambar 1. Sebab akibat semu putih

2. Goyang

Goyang merupakan jenis cacat yang bentuk botolnya tidak lurus atau sisi satu dan yang lain tidak sama atau simetris biasanya disebabkan karena molding bergeser, suhu pemanas preform tidak stabil dan tekanan yang dikeluarkan kompresor tidak sesuai.

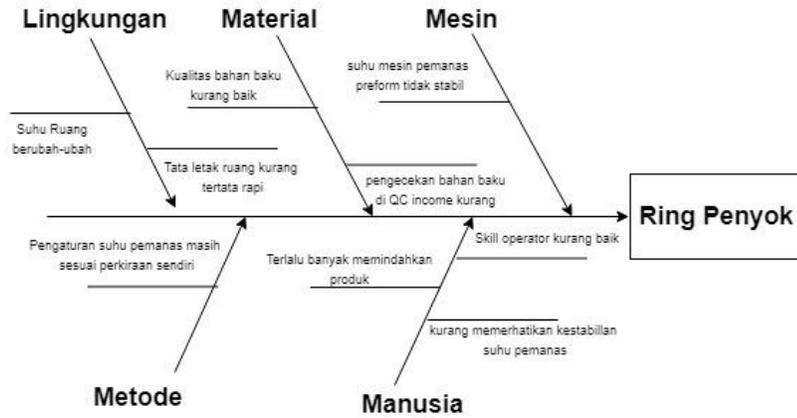


Gambar 2. Sebab akibat goyang

3. Ring penyok

Cacat jenis produk ring penyok adalah cacat pada bagian tutup botol yang dikarenakan

karena perlakuan botol yang tidak baik atau terjatuh dan suhu pemanas *perform* kurang stabil.



**4. Improve**

Pada tahap *improve* ini akan dilakukan perbaikan yang berkaitan dengan suhu pemanas *perform* dimana dari metode work sampling merupakan faktor yang paling dominan

**Tabel 7. Variabel input logika fuzzy**

Variabel		Himpunan Fuzzy	Range
Input	Suhu mesin	Dingin	[0 – 58]
		Sedang	[50 – 69]
		Panas	[58 – 100]
	Error	Minus	[-8 0]
		Plus	[0 11]
Output	SCR 1	Turun	[148 155]
		Normal	[148 162]
		Naik	[155 162]
	SCR 2	Turun	[117 135]
		Normal	[117 - 153]
		Naik	[135–153]
	SCR 3	Turun	[50 - 70]
		Normal	[50 - 90]
		Naik	[70 - 90]
	SCR 4	Turun	[88 - 100]
		Normal	[88 - 112]
		Naik	[100 - 112]

*Inference engine* untuk menentukan nilai ouput yang berasal dari suhu mesin. Ada 3 *rules* yang diperoleh sebagai berikut

**Tabel 8. Inference Engine Rules**

RULES	IF			THEN			
	SUHU MESIN	Inference	Error	SCR 1	SCR 2	SCR 3	SCR 4
R1	Dingin	OR	Minus	Naik	Naik	Naik	Naik
R2	Sedang			Normal	Normal	Normal	Normal
R3	Panas		Plus	Turun	Turun	Turun	Turun

Perancangan sistem menggunakan arduino bertujuan untuk menstabilkan suhu mesin yang sering berubah sehingga menyebabkan *defect*. Pada tahap simulasi akan diimplementasikan menggunakan alat seperti arduino, ac light dimmer, solder, laptop dan sensor suhu Im35 (*thermocouple*).

Pada penelitian ini suhu distabilkan diangka 58 Celcius karena suhu mesin pemanas *preform* yang sering berubah-ubah menunjukkan bahwa mesin pemanas *preform* lebih stabil diangka 58 Celcius. Berikut tabel perhitungan jumlah produk cacat apabila mesin pemanas *preform* di stabilkan.

**Tabel 9. Rekapitulasi perbandingan kondisi awal dan kondisi perbaikan nilai sigma**

Perbandingan	Kondisi Awal	Kondisi Akhir
Jumlah Produksi	5868750	5868750
Jumlah defect	275316	159380
Persentase defect	4,69122	2,71575
Nilai DPMO	46912	27157
Nilai Sigma	3,18	3,50

Dengan menstabilkan suhu mesin menjadi tetap di angka 58 Celcius akan dapat mengurangi jumlah *defect* atau cacat karena dari hasil observasi work sampling suhu pemanas *preform* berpengaruh 42,11%. Sehingga jumlah defect atau cacat dari bulan oktober 2018 sampai Maret 2019 dapat diperkirakan berkurang 42,11% dari 275.316 pcs menjadi 159.381 pcs atau berkurang 115.936 pcs dari 5.868.750 pcs total produksi. Artinya presentase jumlah produk cacat atau *defect* dari 4.69% menjadi 2,72 % dan nilai sigma dapat meningkat dari 3,18 menjadi 3,50.

**4. KESIMPULAN**

1. Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisa menunjukkan bahwa faktor penyebab cacat atau *defect* produk adalah manusia (*man*), bahan baku (*material*), mesin (*machine*), lingkungan (*environment*) dan Metode (*method*). Dari faktor manusia yang mempengaruhi adalah kurangnya skill operator yang kurang dalam penyettingan mesin pemanas *preform* dan kompressor. Dari faktor bahan baku yakni kualitas bahan baku kurang baik. Dari

---

faktor mesin yaitu suhu mesin *preform* dan tekanan angin yang tidak stabil. Dari faktor lingkungan tata letak yang kurang baik dan dari faktor metode yaitu pengaturan suhu yang tidak ada di perusahaan serta masih sesuai perkiraan dari operator. Berdasarkan perhitungan work sampling dari 5 faktor tersebut yang sangat berpengaruh dalam penyebab *defect* atau cacat adalah dari faktor mesin yaitu mesin *preform* yang sering berubah.

2. Cara pengendalian kualitas produk botol plastik jenis PET dengan six sigma yang pertama yaitu *Define*. *Define* untuk mengidentifikasi jenis cacat yang berada di PET CV Jordan Plastik yaitu bocor, body menggumpal, *drop test*, garis motong, goyang, kepala cembung, kotor oli, leher miring, ring penyok, selip, semu gosong, semu putih, stretch miring, tebal tipis dan pada tahapan *define* juga mengidentifikasi faktor penyebab *defect* atau cacat menggunakan work sampling dengan hasil mesin pemanas *preform* yang berubah-ubah. Di Tahapan *Measure* diperoleh hasil perhitungan *Critical to Quality* diperoleh tiga cacat tertinggi yaitu Semu putih, goyang dan ring penyok. Dan nilai sigma rata-rata dari bulan Oktober 2018 sampai Maret 2019 yaitu 3,18. Artinya dari sejuta kesempatan ada 46.912 pcs produk cacat. Di *Analyze* dilakukan analisa dengan diagram sebab akibat tiga cacat atau *defect* tertinggi dari perhitungan CTQ. Pada tahap *Improve* disimulasikan dengan aplikasi Arduino IDE untuk menstabilkan suhu mesin di angka 58 Celcius dengan metode logika fuzzy.

## Referensi

- [1] Gasperz, V. (2001). *Total Quality Management*. Jakarta : PT, Gramedia Utama.
- [2] Gasperz, V. (2003). *Total Quality Management*. Jakarta : PT, Gramedia Utama.
- [3] Pete & Holpp. 2002. *What is Six Sigma*. Yogyakarta : Andi.
- [4] Kusumadewi, S. (2004). *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- [5] Kusumadewi, "Sri & Purnomo, H. 2010. *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta : Graha Ilmu.