

Upaya mengatasi cacat produksi botol kemasan air 600 ml dengan metode *Statistical Process Control*

Efforts to minimize defect in production of 600 ml water bottle using Statistical Process Control

 Mahros Darsin¹, Mochamad Asrofi¹, Joni Anggianto¹, dan Soesatijono²
¹ Jurusan Teknik Mesin, Universitas Jember

Jl. Kalimantan 37 Jember 68121, Jawa Timur, Indonesia

² Kangean Energy Indonesia Ltd

Jl. Bratang Jaya 42, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia

* e-mail: mahros.teknik@unej.ac.id, mahrosdarsin@gmail.com



INFO ARTIKEL

Sejarah artikel:

Diterima:

20 April 2020

Direvisi:

6 Desember 2020

Diterbitkan:

28 Desember 2020

Kata kunci:

cacat;

pengendalian kualitas;

SPC

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menemukan jenis cacat yang ada pada proses pembuatan botol air 600 ml di PT TIB Jember, kemudian berupaya mengatasinya. Alat bantu yang diterapkan adalah peta kendali p *Statistical Process Control (SPC)*. Peta kendali bulan September 2019 menunjukkan bahwa beberapa data produksi melebihi batas kendali atas (BKA/UCL). Pemilahan jenis cacat dikategorikan menjadi tiga: botol memutih, bentuk tidak sesuai, dan pecah. Dari diagram Pareto terungkap bahwa cacat berdasarkan ranking adalah 58.57% botol memutih, 26.36% bentuk tidak sesuai dan botol pecah sebesar 15,07%. Dengan bantuan *fishbone diagram* ditemukan beberapa penyebab cacat. Pertama, suhu ruangan yang tidak konsisten yang mengakibatkan *preform* (bahan dasar botol) tidak matang dengan sempurna sehingga pada saat perentangan pada *mold* terjadi botol memutih pada bagian pinggul atau bawah botol. Kedua, pemanas (*heater*) yang seringkali mati menyebabkan bentuk tidak sempurna. Matinya *heater* ini disebabkan oleh kebocoran selang dari pendingin *heater* yang retak getas karena usia. Beberapa saran diberikan untuk memperbaiki mutu. Salah satu saran sudah dilaksanakan yaitu penggantian selang-selang tersebut. Pemeriksaan ulang terhadap kualitas produksi dilakukan, peta kendali p bulan Oktober 2019 menunjukkan bahwa tidak ada lagi data yang keluar dari batas kendali. Terjadi penurunan tingkat cacat dari 0,74% ke 0,55 % (0,19%).

ABSTRACT

This research aim is to findout type of defects in production process of 600 ml bottle water at PT TIB Jember, then some attempts to resolve the problem. The p-chart of Statistical Process Control was employed. The control chart in September 2019 shown that some data beyond the ultimate control limit (UCL). The defects were categorized into three: whitening, deviate form, and broken. The Pareto chart revealed that the aforementioned defects were 59.7%, 26.36% and 15.07% respectively. By using fishbone diagram some root cause of the defects were found. First, the unstable workpalce temperature which disturb the preform melting process prior to blowing, therefore causing whitening the bottle. Second, the heater which is often turned off while processing that caused deviate form. The frequently turned off the heater was caused by cracked-damage along the hoses of overdue. Some suggestions were given, one of them was replacing the hoses by the new ones. The new control chart on October 2019 shown that all data within the limits following the hoses replacement. It also reduced the rate of defect by 0.19% from 0.74% to 0.55%.

Keywords:

defect;

quality control;

SPC

1. Pendahuluan

Kualitas menjadi sebuah keniscayaan pada semua produk, baik produk berupa barang maupun jasa/layanan. Produk berkualitas jika memenuhi standar tertentu atau sesuai yang dijanjikan oleh produsen dan memenuhi selera konsumen berdasar harga yang mereka bayar. Adanya cacat pada produk yang sampai ke tangan konsumen akan berakibat buruk bagi produsen atau penyedia jasa, berupa hilangnya kepercayaan konsumen. Kualitas tidak berarti selalu terbaik, namun menyajikan kepada konsumen secara konsisten dan dapat diprediksi sesuai harga yang mereka bayar (Montgomery, 2009), (Romano et al., 2017). Kecenderungan kualitas sekarang justru menuju *zero defect*.

PT. Tujuh Impian Bersama (TIB) adalah salah satu produsen air minum dalam kemasan (AMDK) yang cukup mempunyai nama di Kabupaten Jember dan sekitarnya. Produk yang dihasilkan oleh perusahaan ini adalah air mineral dalam berbagai ukuran dan bentuk yakni bentuk cup, botol 600 ml, botol 1500 ml dan galon 19 L dengan merek Al Qodiri. PT TIB juga memproduksi sendiri sebagian kemasan untuk mendukung produk AMDK-nya. Salah satu kemasan yang dibuat adalah botol plastik kemasan 600 ml. Bahan baku kemasan ini diperoleh dari perusahaan lain dalam bentuk *preform* (botol setengah jadi), Jadi, untuk botol ini, PT TIB memanaskan *preform* ini kemudian meniupnya dalam pencetak menjadi botol sempurna.

Kegiatan proses pengendalian kualitas produksi yang dilakukan di PT. TIB yang dimulai dari pengawasan proses produksi sampai dengan akhir produksi sudah dilakukan dengan baik, namun masih terdapat produk cacat yang ditemukan setiap proses produksi. Studi pendahuluan menemukan cacat sebanyak 1400 dari jumlah produksi 188.935 unit botol 600 ml pada bulan September 2019 atau sekitar 0,74% produk cacat. Sebagai tambahan informasi, cacat tersebut adalah akumulasi selama produksi satu bulan tanpa pemilahan tipe cacat karena memang belum ada pengategorian seperti itu di perusahaan ini.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menemukannya cacat produksi botol 600 ml (untuk selanjutnya cukup disebut botol saja) dan berusaha meningkatkan mutu produksi dengan mengurangi cacat. Metode yang dipilih adalah dengan *Statistical Process Control* (SPC).

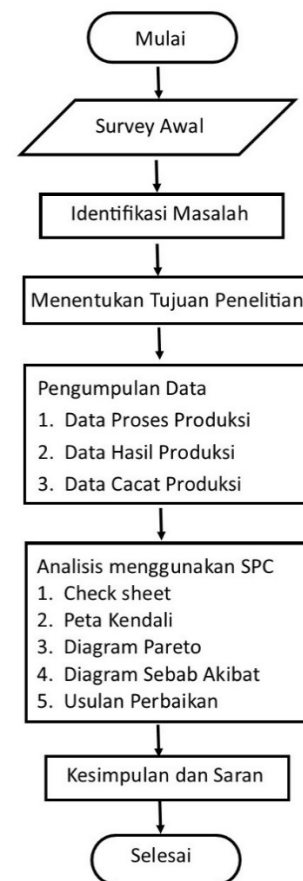
SPC adalah metode statistik yang banyak digunakan perusahaan untuk mengendalikan mutu produknya (Sousa et al., 2017). Metode ini banyak diterapkan pada industri manufaktur modern (Azizi, 2015); (Ramirez et al., 2015) maupun industri pedesaan (Madanhire and Mbohwa, 2016) dan bidang lainnya misalnya kesehatan (Pujar et al., 2010); (Keller et al., 2019); (Jaffray, 2020) dan industri makanan (Lim et al., 2013) serta industri lain seperti petroleum dan gas (Botev and Johnson, 2020). Metode SPC juga pernah dipakai pada produk botol serupa pada perusahaan lain (Ariyani et al., 2018), kemasan pouch minyak (Kaban, 2018). Dapat juga digabungkan dengan metode lain, seperti Kaizen dalam kasus industri kemasan (Refangga et al., 2018). Metode ini yang akan digunakan untuk mengupayakan

peningkatan kualitas produksi botol 600 ml di perusahaan tempat penelitian ini.

2. Metode

Penelitian ini dilaksanakan di PT. Tujuh Impian Bersama (TIB) yang berlokasi di kecamatan Patrang Kab. Jember Jawa Timur. Data produksi diambil pada bulan September 2019. SPC dan sebagian dari 7 perangkat perangkat pengendalian kualitas lain digunakan untuk menganalisis cacat produksi dan mengupayakan perbaikan. Dari banyak saran yang kita berikan ke perusahaan, baru satu yang diterima dan diimplementasikan, yaitu penggantian selang (hose) pada mesin blow molding. Setelah itu, hasilnya dibandingkan dengan peta SPC pada bulan Oktober.

Objek yang akan dijadikan sample penelitian adalah kemasan botol plastik air mineral 600 ml. Proses produksi botol menggunakan mesin *stretch blow molding*. Adapun variabel dalam penelitian ini adalah jumlah kemasan botol yang cacat dan jumlah produksi botol pada bulan September 2019. Diagram alir proses dan langkah kerja penelitian disajikan pada Gambar 1



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Beberapa alat bantu dalam pengendalian kualitas yang digunakan dalam penelitian ini:

a. *Check sheet*

Pembuatan *check sheet* berdasarkan cacat botol 600 ml yang terjadi di PT. TIB.

b. Peta Kendali p (*p-chart*)

Peta kendali p ini digunakan karena merupakan peta kontrol atribut untuk mengetahui jumlah produk yang rusak atau cacat sehingga harus ditolak (*reject*).

c. Diagram Pareto

Pembuatan diagram Pareto digunakan untuk menggambarkan urutan jumlah cacat yang terjadi dari yang jumlah cacat terbesar sampai jumlah cacat terkecil. Dari diagram ini dapat ditentukan jenis cacat yang dominan terjadi pada produk.

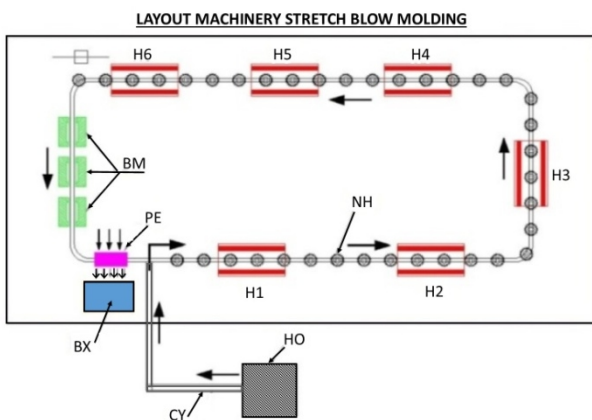
d. Fishbone Diagram

Diagram sebab akibat atau yang biasa disebut *fishbone diagram* merupakan diagram garis yang menggambarkan garis-garis faktor penyebab terjadinya cacat produk yang diidentifikasi dari beberapa segi, antara lain manusia (*man*), mesin (*machine*), metode (*method*), bahan (*material*), dan lingkungan (*environment*).

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Pengumpulan data

Sebelum melangkah lebih jauh menyelidiki cacat, akan diberikan gambaran bagaimana proses pembuatan botol berlangsung dalam sebuah *layout*. Gambar 2 adalah alur dari produksi botol pada PT.TIB. Layout menunjukkan produksi botol dimulai dari HO (*hopper*) atau tempat penampungan bahan baku (*preform*) kemudian *preform* diteruskan ke NH (*neckheader*) menggunakan CY (*conveyor*) yang berjalan. Setelah *preform* terpasang pada NH, selanjutnya akan berjalan membawa *perform* ke *heater* (H) dari H1 sampai dengan H6 untuk dipanaskan agar melunak. Setelah melewati *heater*, selanjutnya *preform* memasuki BM (*blow molding*), mold pada BM akan menutup dan proses perentangan dengan metode peniupan menggunakan angin dingin terhadap *preform* tersebut. Maka *preform* yang sudah melunak tadi akan mengembang dan mengikuti pola pada *mold*. Sesaat kemudian, *mold* akan membuka dan *neck header* akan berjalan ke tempat akhir atau PE (*process ending*) untuk dilakukan pengambilan botol pada *neck header* tersebut oleh operator mesin untuk dikemas dalam kardus dan proses produksi botol selesai.



Gambar 2. Alur pemrosesan botol 600 ml dari *preform* pada PT TIB.

Langkah berikutnya adalah mengenal cacat hasil produksi. Dari beberapa bentuk kriteria produk pada

botol yang ditolak, peneliti melakukan pengumpulan data menggunakan *check sheet* untuk mengetahui jumlah produk yang diproduksi dan berapa jumlah produk yang cacat. Pada penelitian ini penulis mengambil data historis yang dibutuhkan, yaitu data bulan September 2019. Untuk kemudahan analisis, dari pengamatan dilakukan pemilahan dan pengategorian jenis cacat. Sebagai informasi, selama ini yang berjalan di pabrik belum ada pemilahan jenis cacat, semua jenis cacat. Ditemukan tiga tipe cacat yaitu: botol memutih, botol pecah dan bentuk botol tidak sesuai *mold* (pencetak).

Dari masing-masing tipe cacat, peneliti berupaya mencari penyebabnya dengan pengamatan langsung, wawancara dengan operator mesin dan staf *quality control*. Masing-masing tipe cacat dan kemungkinan penyebabnya dideskripsikan pada Gambar 3-5 dan paragraf berikut.

a. Cacat botol memutih

Botol memutih bagian pinggul botol, seperti pada Gambar 3, disebabkan oleh selang penyuplai air pendingin *heater* yang sering kali bocor yang mengakibatkan *heater* sering bermasalah dan pada akhirnya suhu pada *heater* kurang panas yang mengakibatkan saat pemanasan *preform* kurang maksimal atau kurang matang. Sehingga berakibat pada saat proses perentangan dalam *mold* botol menjadi memutih atau cacat. Botol memutih juga kemungkinan disebabkan oleh suhu AC pada ruangan yang terlalu dingin sehingga mengakibatkan suhu pada *heater* terpengaruhi.



Gambar 3. Cacat botol memutih

b. Cacat botol pecah

Cacat botol pecah, seperti pada Gambar 4, merupakan cacat yang terjadi karena adanya lubang pada botol.

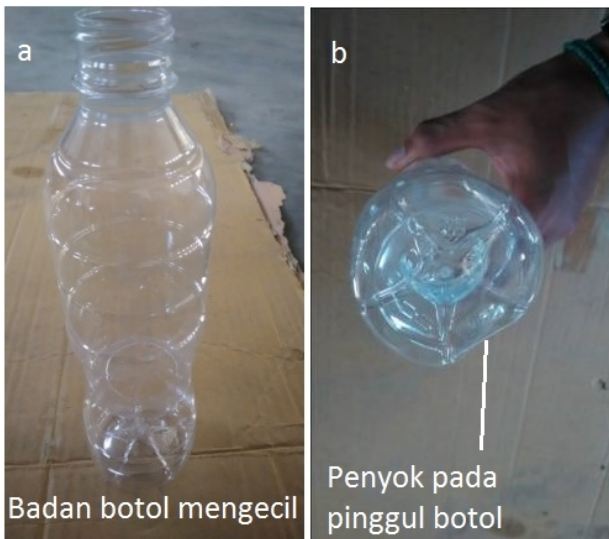


Gambar 4. Cacat bocor

Cacat ini disebabkan bahan baku sebelumnya yang sudah cacat. Namun ada penyebab lainnya yaitu merupakan kelalaian dari pekerja pada saat memasukkan *setting* tekanan angin *high pressure* yang terlalu besar sehingga mengakibatkan botol pecah pada saat proses perentangan.

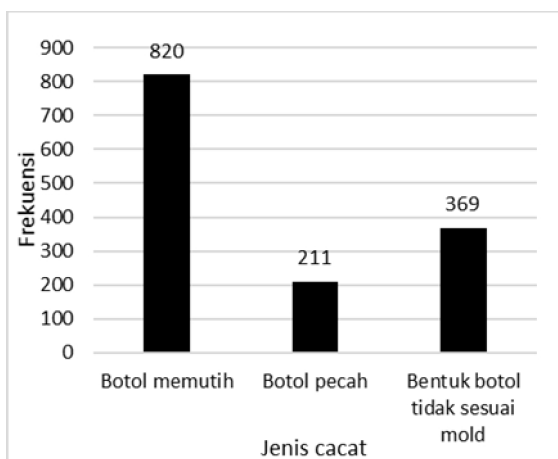
c. Cacat bentuk botol tidak sesuai dengan *mold*

Cacat bentuk botol tidak sesuai *mold* atau penyok dan bercincin seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Cacat ini disebabkan oleh terlalu kecilnya angin *high pressure*. Disini murni kelalaian dari operator yang tidak memerhatikan SOP pada saat melakukan pemrograman. Kemungkinan lain penyebabnya adalah selang *high pressure* yang kadang pecah pada saat proses produksi sedang berlangsung. Sehingga mengakibatkan suplai angin *high pressure* menjadi tidak tersalurkan dengan sempurna.



Gambar 5. Cacat bentuk botol tidak sesuai mold

Langkah selanjutnya adalah membuat *check sheet* berdasarkan tipe cacat, seperti ditampilkan pada Tabel 1. Dari lembar *check sheet* dapat diketahui bahwa jumlah produksi kemasan botol pada bulan September 2019 untuk produk yang diterima sebanyak 188.935 dan jumlah produk yang ditolak sebanyak 1.400.



Gambar 6. Histogram cacat produk botol 600 ml.

Diagram Pareto dibuat untuk mengetahui frekuensi cacat tiap tipe. Gambar 6 menunjukkan frekuensi cacat produk dengan urutan 820 cacat botol memutih, diikuti cacat cacat berupa tidak sesuai bentuk 369 kasus dan terakhir botol pecah ada 211 biji. Data yang didapatkan menunjukkan adanya proses produksi yang mengalami masalah karena terjadi cacat yang begitu besar. Maka dari itu, perlu pengendalian kualitas untuk mencari tahu penyebab terjadinya cacat tersebut.

Tabel 1
Data produksi botol 600 ml bulan September 2019

Tanggal	Total produk botol	Jenis cacat		
		Botol memutih	Botol pecah	Bentuk botol tidak sesuai mold
2/9/2019	7365	21	24	5
3/9/2019	1400	33	3	20
4/9/2019	4444	31	5	18
5/9/2019	3316	35	7	15
6/9/2019	4456	34	5	14
7/9/2019	3314	31	7	18
9/9/2019	5500	31	8	16
10/9/2019	11154	33	8	16
11/9/2019	7772	37	3	16
12/9/2019	4469	49	11	8
13/9/2019	5586	19	23	17
14/9/2019	8814	33	9	14
16/9/2019	11098	24	8	19
17/9/2019	7469	34	7	13
18/9/2019	11002	32	11	13
19/9/2019	12212	32	6	14
20/9/2019	7702	32	7	13
21/9/2019	13208	39	9	17
23/9/2019	12180	49	7	12
24/9/2019	9943	32	8	12
25/9/2019	6636	20	6	18
26/9/2019	8840	37	8	18
27/9/2019	7781	33	8	14
28/9/2019	6710	32	7	15
30/9/2019	6564	37	6	14
Total	188935	820	211	369

3.2. Pembuatan peta kendali p (data historis)

Menghitung persentase cacat produk untuk melihat kerusakan yang terjadi selama produksi kemasan botol pada perusahaan AMDK ini.

[1] Menghitung proporsi cacat

$$\bar{p} = \frac{\text{total produk cacat}}{\text{total produk yang diperiksa}} \text{ atau } \frac{\sum np_i}{\sum n_i} \quad (1)$$

keterangan:

$\sum np_i$ = jumlah produk cacat

$\sum n_i$ = jumlah produk yang diperiksa

[2] Menghitung nilai *center line* (CL)

$$CL = \bar{p} = \frac{\sum np_i}{\sum n_i} \quad (2)$$

Keterangan:

$\sum np_i$ = jumlah cacat sub grup

$\sum n_i$ = jumlah total produk yang diperiksa

[3] Menghitung $3\sigma_{\bar{p}}$

$$\sigma_{\bar{p}} = \frac{\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})}}{\sqrt{n_i}} \quad (3)$$

Keterangan:

\bar{p}_i = bagian yang ditolak sub grup

Σn_i = jumlah yang diperiksa

[4] Menghitung Batas Kendali Atas (UCL)

Batas Kendali Atas dapat dihitung menggunakan rumus

$$UCL = \bar{p} + 3\sigma_{\bar{p}} \quad (4)$$

Keterangan:

\bar{p} = proporsi cacat

[5] Menghitung Batas Kendali Bawah (LCL)

Batas Kendali Bawah (LCL) dapat dihitung menggunakan rumus

$$LCL = \bar{p} - 3\sigma_{\bar{p}} \quad (5)$$

Keterangan:

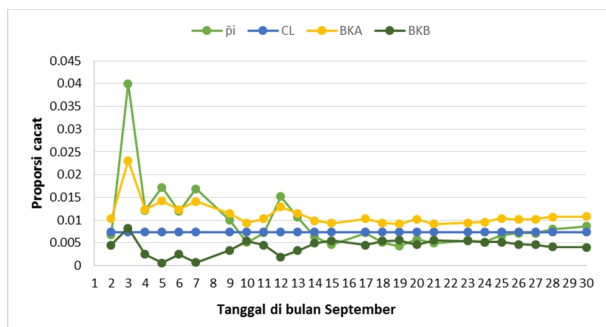
\bar{p} = proporsi cacat

Hasil perhitungan di atas kemudian disajikan dalam bentuk Tabel 2. Selanjutnya dibuat peta kendali p seperti tersaji pada Gambar 7. Dapat dilihat pada grafik tersebut bahwa proses produksi terdapat data yang berada di luar batas kendali. Rinciannya adalah selama bulan September tersebut, yakni tanggal 3, 5, 7 dan tanggal 12 terjadi cacat berlebih yang melewati batas kendali mutu yang dihitung. Proses perbaikan dilakukan dengan cara mengeluarkan data yang berada di luar dari batas kendali sampai tidak ada lagi data yang melebihi dari batas kendali tersebut atau BKA. Secara teori proses perbaikan dilakukan dengan mengeluarkan data yang melebihi batas kendali atas (BKA). Perlakuan ini dilakukan beberapa kali sampai tidak ada data atau cacat di luar batas kendali. Pada penelitian ini, setelah dua kali perhitungan dan pembuatan peta kendali diperoleh peta kendali seperti tersaji pada Gambar 8. Peta ini diperoleh dengan menghilangkan data produksi sebanyak 7 hari.

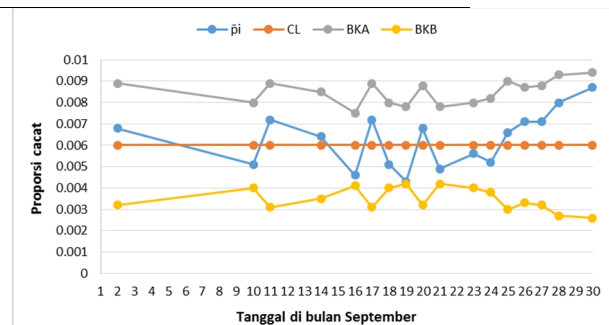
Tabel 2

Tabulasi angka-angka hasil perhitungan untuk penyusunan peta kendali p.

Tanggal	Total produk botol (ni)	Jumlah cacat (pi)	\bar{p}_i	CL	$\sigma_{\bar{p}_i}$	BKA	BKB
2-Sep-2019	7365	50	0,0068	0,0074	0,0010	0,0103	0,0045
3-Sep-2019	1400	56	0,0400	0,0074	0,0052	0,0231	0,0083
4-Sep-2019	4444	54	0,0122	0,0074	0,0016	0,0123	0,0025
5-Sep-2019	3316	57	0,0172	0,0074	0,0023	0,0142	0,0006
6-Sep-2019	4456	53	0,0119	0,0074	0,0016	0,0123	0,0025
7-Sep-2019	3314	56	0,0169	0,0074	0,0022	0,0141	0,0007
9-Sep-2019	5500	55	0,0100	0,0074	0,0013	0,0114	0,0034
10-Sep-2019	11154	57	0,0051	0,0074	0,0007	0,0094	0,0054
11-Sep-2019	7772	56	0,0072	0,0074	0,0010	0,0103	0,0045
12-Sep-2019	4469	68	0,0152	0,0074	0,0018	0,0129	0,0019
13-Sep-2019	5586	59	0,0106	0,0074	0,0014	0,0115	0,0033
14-Sep-2019	8814	56	0,0064	0,0074	0,0008	0,0099	0,0049
16-Sep-2019	11098	51	0,0046	0,0074	0,0006	0,0093	0,0055
17-Sep-2019	7469	54	0,0072	0,0074	0,0010	0,0103	0,0045
18-Sep-2019	11002	56	0,0051	0,0074	0,0007	0,0094	0,0054
19-Sep-2019	12212	52	0,0043	0,0074	0,0006	0,0092	0,0056
20-Sep-2019	7702	52	0,0068	0,0074	0,0009	0,0102	0,0046
21-Sep-2019	13208	65	0,0049	0,0074	0,0006	0,0092	0,0056
23-Sep-2019	12180	68	0,0056	0,0074	0,0007	0,0094	0,0054
24-Sep-2019	9943	52	0,0052	0,0074	0,0007	0,0096	0,0052
25-Sep-2019	6636	44	0,0066	0,0074	0,0010	0,0104	0,0044
26-Sep-2019	8840	63	0,0071	0,0074	0,0009	0,0101	0,0047
27-Sep-2019	7781	55	0,0071	0,0074	0,0009	0,0102	0,0046
28-Sep-2019	6710	54	0,0080	0,0074	0,0011	0,0107	0,0041
30-Sep-2019	6564	57	0,0087	0,0074	0,0011	0,0108	0,0040
Total	188935	1400					



Gambar 7. Peta kendali c bulan September penuh.

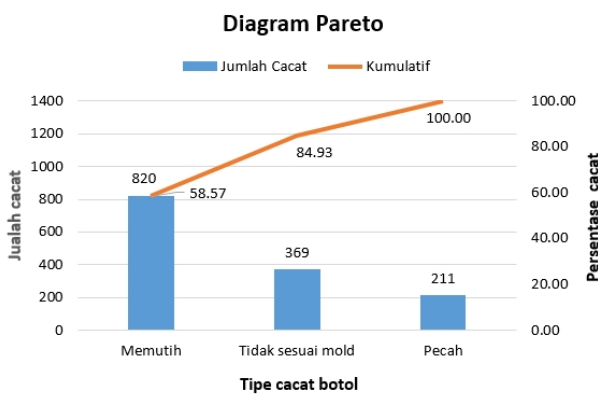


Gambar 8. Peta kendali c bulan September perbaikan dengan menghilangkan banyak data dari peta asal (Gambar 7).

Namun cara ini tidak menyelesaikan masalah sebenarnya, jika tidak ditemukan penyebab masalah. Lagi pula, terlihat kecenderungan kenaikan produk cacat sampai mendekati BKA pada akhir peta. Fungsi dari peta kendali baru ini (Gambar 8) adalah memastikan bahwa sudah tidak ada lagi data yang melebihi dari nilai BKA atau bisa dikatakan proses sudah terkendali. Sehingga, peta kontrol p sudah dapat digunakan sebagai peta kontrol usulan produksi yang akan dilakukan oleh perusahaan untuk kedepannya.

3.3. Diagram Pareto

Diagram Pareto ialah grafik batang yang fungsinya menunjukkan masalah berdasarkan urutan banyaknya kejadian atau masalah yang timbul berdasarkan urutan banyaknya jumlah kejadian ataupun masalah tersebut. Urutan diagram Pareto dimulai dari urutan jumlah permasalahan yang paling dominan atau banyak terjadi sampai dengan yang paling sedikit terjadi. Gambar 9 menunjukkan jumlah kecacatan dan presentase kumulatif yang dibuat dalam bentuk diagram Pareto.



Gambar 9. Diagram Pareto produksi September.

Berdasarkan hasil pembuatan diagram Pareto di atas dijelaskan bahwa jenis cacat yang paling dominan adalah cacat botol memutih yaitu dengan presentase cacat sebesar 58,57%. Cacat ini kemungkinan disebabkan AC pada stasiun produksi botol ini yang terlalu dingin yang mengakibatkan suhu penyetelan mesin sesuai petunjuk operasi mesin belum membuat *preform* mencapai suhu “matang” siap untuk ditiup. Kebocoran selang pendingin atau penyuplai air pendingin *heater* juga mempengaruhi panas dari *heater* tersebut. Akhirnya pada saat proses penginjeksian udara, botol tidak tertiuip dengan sempurna.

Presentase cacat terbesar ke dua selanjutnya yaitu botol bentuk tidak sesuai mold sebesar 26,36%. Cacat ini diakibatkan karena *setting* pemrograman angin *high pressure* yang terlalu kecil. Bisa juga dikarenakan selang *pneumatic* yang sering kali bocor atau pecah pada saat mesin sedang melakukan proses produksi, sehingga suplai udara kurang yang mengakibatkan proses injek udara kurang maksimal.

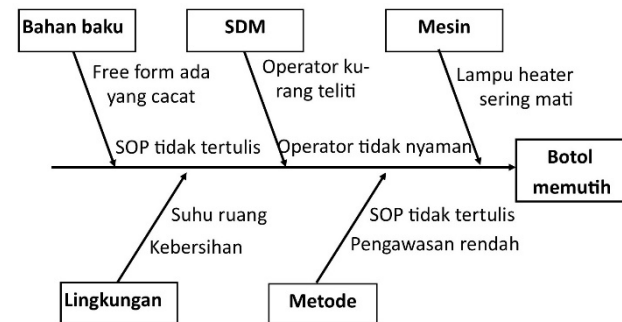
Jenis cacat ketiga adalah jenis cacat botol pecah sebesar 15,07%. Cacat ini dikarenakan *setting* dari angin *higt pressure* yang terlalu besar saat melakukan

pemrograman. Kemungkinan penyebab lainnya adalah bahan baku yang sudah cacat atau rusak sebelumnya.

Berdasarkan hukum Pareto bahwa 80% dari total permasalahan dihasilkan dari 20% penyebab. Jika cacat botol memutih dapat diperbaiki maka permasalahan mengenai botol keseluruhan cacat dapat ditoleransi. Namun demikian, jenis cacat yang lain juga harus diperhatikan dan diupayakan penyelesaiannya agar pada masa yang akan datang cacat produk dapat dikurangi lebih lanjut. Jika penyebab cacat berhasil diatasi maka akan meningkatkan hasil produksi jauh lebih baik lagi.

3.4. Pembuatan diagram sebab akibat (Fishbone diagram)

Pembuatan diagram sebab-akibat didapatkan dari hasil wawancara dan hasil analisis. *Fishbone diagram* dibuat bertujuan untuk memperlihatkan faktor-faktor utama yang berpengaruh pada kualitas dan mempunyai akibat pada masalah yang sedang kita pelajari atau amati. Hasil pembuatan diagram sebab-akibat dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Diagram sebab-akibat (*Fishbone diagram*)

Dari diagram sebab-akibat di atas didapatkan penyebab cacat botol memutih. Kemungkinan penyebab utama cacat adalah lampu *heater* yang sering mati; akibatnya *preform* tidak matang sempurna ketika ditiup ke dalam pencetak. Lampu pemanas (*heater*) mati sering kali disebabkan oleh kebocoran selang dari pendingin *heater* tersebut yang sudah banyak yang getas.

3.5. Usulan perbaikan

Adapun dari usulan perbaikan yang disarankan oleh peneliti yang perlu dilakukan oleh PT.TIB adalah sebagai berikut:

1. Bahan Baku

Bahan baku (*preform*) yang diterima dari pesanan sering kali ada beberapa yang sudah cacat sebelum dilakukan proses produksi sehingga dapat mempengaruhi hasil dari produksi. Maka, perlu ditingkatkan pengecekan bahan baku sebelum memasuki proses produksi.

2. Lingkungan

Lingkungan di sini juga berpengaruh pada hasil produksi botol khususnya lingkungan dari penempatan mesin yang digunakan untuk produksi botol. Pada

stasiun produksi botol 600 ml, AC dari ruangan tersebut seringkali mempengaruhi hasil produksi atau membuat cacat memutih pada botol karena suhu ruangan yang terlalu dingin. Suhu yang terlalu dingin menyebabkan proses pemanasan bahan baku tidak maksimal. Berdasarkan masalah yang telah diketahui tersebut sebaiknya perlu pengukur suhu pada ruangan sehingga dapat disetel sesuai keperluan.

3. Manusia (SDM)

Manusia dalam pembahasan ini adalah sebagai operator mesin *blow molding* yang berada dalam proses produksi kemasan botol 600 ml. Operator mesin tersebut sangatlah berperan penting akan hasil dari produksi tersebut, oleh sebab itu *skill* dan pengalaman dari operator tersebut sangat menentukan. Hal tersebut juga harus dibarengi oleh *standard operational procedure* (SOP) dari perusahaan, sehingga operator produksi dapat melakukan pekerjaan sesuai SOP yang ada. Melihat permasalahan yang ada, pemasangan lembar SOP ataupun pelatihan pengoperasian mesin yang digunakan produksi perlu diadakan ataupun dipenuhi oleh perusahaan.

4. Metode

Metode yang digunakan dalam proses produksi sangatlah berperan penting bagi keberhasilan di PT. TIB. Standar operasi kerja yang tidak tertulis di PT. TIB dapat menyebabkan pekerja tidak memahami bagaimana proses produksi yang sesuai dengan standar perusahaan. Sehingga perusahaan perlu menyediakan standar operasi kerja secara tertulis agar pekerja dapat mengingat standar yang ditetapkan oleh perusahaan.

5. Mesin

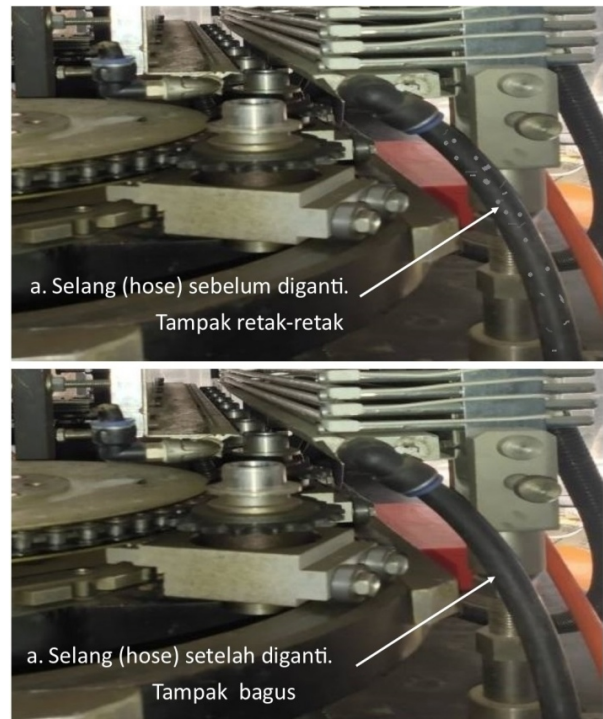
Produksi botol 600 ml di PT. TIB menggunakan mesin *blow molding* tipe *stretch blow molding* seri SFL-PP DMK121201. Kurang lebih mesin tersebut sudah berada di pabrik selama 4 tahun namun baru dioperasikan untuk produksi mulai dari bulan Juli 2019. Penyebab terjadinya cacat pada kemasan botol 600 ml dikarenakan banyaknya selang pneumatik (*hose*) dari mesin tersebut sudah banyak yang getas dan sering kali bocor karena usia. Perlu penggantian menyeluruh pada selang pneumatik mesin tersebut dan pengecekan menyeluruh pada mesin untuk menanggulangi permasalahan pada saat produksi berlangsung, terutama cacat botol memutih.

3.6. Peta kendali setelah implementasi usulan

Dari ke lima usulan perbaikan yang disarankan oleh peneliti, baru satu yang diimplementasikan oleh perusahaan yaitu perbaikan pada mesin. Perbaikan mesin yang dilakukan yaitu penggantian selang pada *heater* dan selang-selang pneumatik yang berada pada mesin *blow molding*. Selang-selang yang diganti merupakan selang yang sudah mulai retak, getas dan pecah yang berada pada mesin tersebut. Setelah dilakukan perbaikan berikut kondisi selang setelah terpasang yang ditunjukkan pada Gambar 11.

Peta kontrol usulan produksi yang ditunjukkan pada Tabel 3 dibuat berdasarkan data yang diambil pada

tanggal 1 hingga 7 Oktober 2019 yang dilakukan setiap hari. Hal ini karena keterbatasan ijin dari perusahaan kepada peneliti untuk mengambil data selama lima pekan saja sejak awal September. Peta kontrol usulan produksi ini diambil setelah adanya perbaikan pada mesin produksi botol 600 ml yang meliputi penggantian pada selang-selang pada mesin yang sudah mulai getas atau pecah.



Gambar 11. Contoh selang yang sudah diganti pada mesin *blow molding*.

Pembuatan peta kontrol usulan produksi dilakukan dengan cara melakukan pengamatan terhadap produksi pada bulan Oktober dengan menggunakan data proporsi cacat yang direvisi pada bulan September. Berdasarkan yang telah didapatkan selama proses produksi bulan Oktober apabila masih didapatkan data yang melebihi BKA maka proses akan dihentikan untuk mencari tahu penyebab terjadinya proses yang keluar dari batas kendali. Perhitungan peta kontrol usulan produksi dapat dilihat pada Tabel 4.

Peta kendali pekan pertama bulan Oktober disajikan pada Gambar 12. Jelas dari gambar ini bahwa semua data di bawah BKA, yang berarti bahwa upaya perbaikan kualitas menampakkan hasil. Presentase cacat juga turun dari 0.74% di bulan September menjadi 0.55% di bulan Oktober 2019. Jika dibandingkan dengan hasil penelitian serupa sebelumnya (Ariyani et al., 2018) dan (Wirawati, 2019) yang hanya sampai tahap memberikan saran atau usulan kepada perusahaan, penelitian ini lebih memberikan kontribusi nyata dalam peningkatan kualitas produksi. Sementara hasil (Kaban, 2018) hanya menyajikan peningkatan global antara sebelum dan sesudah implementasi saran, tanpa penyajian peta kendali detail seperti hasil penelitian ini. Sekaligus, penelitian ini melengkapi hasil yang pernah dicapai oleh (Kaban, 2018) untuk penelitian dengan topik serupa dengan objek berbeda pada perusahaan yang sama.

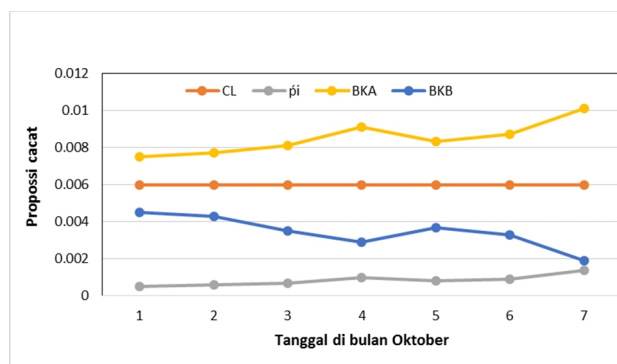
Tabel 3.
Data cacat botol 600 ml pada bulan Oktober

Tanggal	Total Produk botol (ni)	Jenis Cacat			Jumlah Cacat (ni)
		Botol Memutih	Botol Pecah	Botol bentuk tidak sesuai mold	
1/10/2019	13200	21	20	5	46
2/10/2019	12100	23	8	14	45
3/10/2019	9900	27	3	16	46
4/10/2019	6600	25	9	14	48
5/10/2019	8800	24	8	12	44
6/10/2019	7700	28	7	13	48
7/10/2019	6600	57	11	13	81
Total	64900	205	66	87	358

Tabel 4.
Data perhitungan cacat produk botol 600 ml bulan Oktober 2019

Tanggal	Total produk (ni)	Jumlah cacat (pi)	\bar{p}_i	CL	$\sigma_{\bar{p}_i}$	BKA	BKB
1-Oct-2019	13200	46	0,0035	0,0060	0,0005	0,0075	0,0045
2-Oct-2019	12100	45	0,0037	0,0060	0,0006	0,0077	0,0043
3-Oct-2019	9900	46	0,0046	0,0060	0,0007	0,0081	0,0039
4-Oct-2019	6600	48	0,0073	0,0060	0,0010	0,0091	0,0029
5-Oct-2019	8800	44	0,0050	0,0060	0,0008	0,0083	0,0037
6-Oct-2019	7700	48	0,0062	0,0060	0,0009	0,0087	0,0033
7-Oct-2019	6600	81	0,0123	0,0060	0,0014	0,0101	0,0019
Total	64900	358					

Peta kendali pekan pertama bulan Oktober disajikan pada Gambar 12. Jelas dari gambar ini bahwa semua data di bawah BKA, yang berarti bahwa upaya perbaikan kualitas menampakkan hasil. Presentase cacat juga turun dari 0.74% di bulan September menjadi 0.55% di bulan Oktober 2019. Jika dibandingkan dengan hasil penelitian serupa sebelumnya (Ariyani et al., 2018) dan (Wirawati, 2019) yang hanya sampai tahap memberikan saran atau usulan kepada perusahaan, penelitian ini lebih memberikan kontribusi nyata dalam peningkatan kualitas produksi. Sementara hasil (Kaban, 2018) hanya menyajikan peningkatan global antara sebelum dan sesudah implementasi saran, tanpa penyajian peta kendali detil seperti hasil penelitian ini. Sekaligus, penelitian ini melengkapi hasil yang pernah dicapai oleh (Kaban, 2018) untuk penelitian dengan topik serupa dengan objek berbeda pada perusahaan yang sama.



Gambar 12. Grafik peta kendali P produksi bulan Oktober 2019

Penelitian ini juga menambah bukti bahwa penggunaan SPC mampu meningkatkan kualitas pada industri khususnya industri makanan seperti yang diungkapkan oleh (Lim et al., 2013). Ke depan, mungkin SPC perlu dilakukan sebelum produksi massal dimulai seperti yang dilakukan oleh Sousa et al., (2017). SPC tipe original seperti diterapkan pada penelitian ini, perlu juga dibandingkan dengan menggunakan SPC pengembangan seperti multivariate SPC (Teixeira et al., 2019).

4. Kesimpulan

Penelitian ini berupaya menemukan cacat dan kemungkinan penyebabnya pada produksi botol AMDK 600 ml di PT. TIB Jember. Dengan bantuan SPC dan perangkat *quality improvement* lain, telah dilakukan pemilahaan jenis cacat botol, kemudian ditemukan kemungkinan penyebab masing-masing cacat. Dari banyak usulan yang peneliti berikan, baru satu usulan yang diimplementasikan, yaitu penggantian selang (*hose*) pneumatic pada mesin *blow molding*. Namun hasilnya telah membuat semua data dalam batas kendali statistik. Pengurangan persentase produk cacat juga cukup signifikan dari 0.74% pada bulan September menjadi 0.55% pada bulan Oktober 2019.

Penelitian ini memberikan hasil yang cukup signifikan terhadap pengurangan produk cacat dari 0,74% ke 0,55 % (0,19%). Meskipun begitu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut atas signifikansinya secara ekonomis, pengaruhnya terhadap rencana pemeliharaan peralatan produksi serta terhadap hasil produksi jangka panjang.

Ucapan terima kasih

Terima kasih kami sampaikan kepa PT. TIB Jember, baik pimpinan maupun karyawan, yang telah memberikan kesempatan untuk melaksanakan penelitian dengan pengambilan data produksi dan mau menerapkan sebagian usulan peneliti.

Daftar pustaka

- Ariyani, N.R., Nia, R., Maharani, A., 2018. Pengendalian kualitas untuk mengurangi botol bocor pada departemen blow molding di industri packaging, in: Proceedings Conference on Design Manufacture Engineering and Its Application.
- Azizi, A., 2015. Evaluation improvement of production productivity performance using statistical process control, overall equipment efficiency, and autonomous maintenance. *Procedia Manuf.* 2, 186–190. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.032>
- Botev, L., Johnson, P., 2020. Applications of statistical process control in the management of unaccounted for gas. *J. Nat. Gas Sci. Eng.* 76. <https://doi.org/10.1016/j.jngse.2020.103194>
- Jaffray, B., 2020. Am I out of control? The application of statistical process control charts to children's surgery. *Jounrla Pediatr. Surg.* 2019, 104265. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2019.12.027>
- Kaban, R., 2018. Pengendalian kualitas kemasan plastik pouch menggunakan statistical procces control (SPC) di PT Incasi Raya Padang. *Optimasi Sist. Ind.* 13, 518–547.
- Keller, D.S., Reif de Paula, T., Yu, G., Zhang, H., Al-Mazrou, A., Kiran, R.P., 2019. Statistical Process Control (SPC) to drive improvement in length of stay after colorectal surgery. *Am. J. Surg.* 10–15. <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2019.08.029>
- Lim, S.A.H., Antony, J., Akbliwi, S., 2013. Accepted manuscript. *Trenda Food Sci. Technol.* <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2014.03.010>.
- Madanhire, I., Mbohwa, C., 2016. Application of statistical process control (SPC) in manufacturing Industry in a Developing Country. *Procedia CIRP* 40, 580–583.
- Montgomery, D.C., 2009. Introduction to statistical quality control, 6th ed, Journal of Chemical Information and Modeling. John Wiley & Sons Inc., Arizona. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Pujar, S., Calvert, S., Cortina-Borja, M., Chin, R.F.M., Smith, R.A., Cross, J.H., Das, K., Pitt, M., Scott, R.C., 2010. Statistical process control (SPC)-A simple objective method for monitoring seizure frequency and evaluating effectiveness of drug interventions in refractory childhood epilepsy. *Epilepsy Res.* 91, 205–213. <https://doi.org/10.1016/j.eplepsyres.2010.07.013>
- Ramírez, H., Mendoza, E., Mendoza, M., González, E., 2015. Application of augmented reality in statistical process control to increment the productivity in manufacture. *Procedia Comput. Sci.* 75, 213–220. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.12.240>
- Refangga, M.A., Gusminto, E.B., Musmedi, D.P., 2018. Analisis pengendalian kualitas produk air minum dalam kemasan dengan menggunakan statistical process control (SPC) dan Kaizen pada PT. Tujuh Impian Bersama Kabupaten Jember. *e-Journal Ekon. Bisnis dan Akunt.* 5, 164. <https://doi.org/10.19184/ejeba.v5i2.8678>
- Romano, M., Woodward, K., Kapelan, Z., 2017. Statistical process control based system for approximate location of pipe bursts and leaks in water distribution systems. *Procedia Eng.* 186, 236–243. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.235>
- Sousa, S., Rodrigues, N., Nunes, E., 2017. Application of SPC and quality tools for process improvement. *Procedia Manuf.* 11, 1215–1222. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.247>
- Teixeira, H.N., Lopes, I., Braga, A.C., Delgado, P., Martins, C., 2019. Screwing process analysis using multivariate statistical process control. *Procedia Manuf.* 38, 932–939. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.176>
- Wirawati, S.M., 2019. Analisis pengendalian kualitas kemasan botol plastik dengan metode statistical process control (SPC) di PT. Sinar Sosro Kpb Pandeglang. In *Trent* 2, 94–102.